HO
GENT

Workshop PLC

IEC-61131-3 Structured Text

HO
GENT

IEC 61 131

- IEC standaard voor programmable controllers
- snelle en brede adoptie

- structureel en object geörienteerd programmeren

HO
GENT

IEC 61 131

- Part 1: General Information
- Part 2: Equipment requirements & test
- Part 3: Programming Languages
- Part 4: User Guidelines
- Part 5: Communications
- Part 6: Funtional Safety
- Part 7: Fuzzy Control Programming
- Part 8: Guidelines for the application and implementation of programming languages
- Part 9: Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators

HO
GENT

IEC 61 131 - 3

- Part 1: General Information
- Part 2: Equipment requirements & test
- **Part 3: Programming Languages**
- Part 4: User Guidelines
- Part 5: Communications
- Part 6: Funtional Safety
- Part 7: Fuzzy Control Programming
- Part 8: Guidelines for the application and implementation of programming languages
- Part 9: Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators

HO GENT

IEC 61 131 - 3

- 6 programmeertalen
- door elkaar te gebruiken

- niet alle talen moeten geïmplementeerd worden om aan de standaard te voldoen

HO GENT

IEC 61 131 - 3

- Ladder (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Continuous Function Chart (CFC)
- Structured Text (ST)
- Instruction List (IL)
- Sequential Function Chart (SFC)

HO
GENT

IEC 61 131 - 3

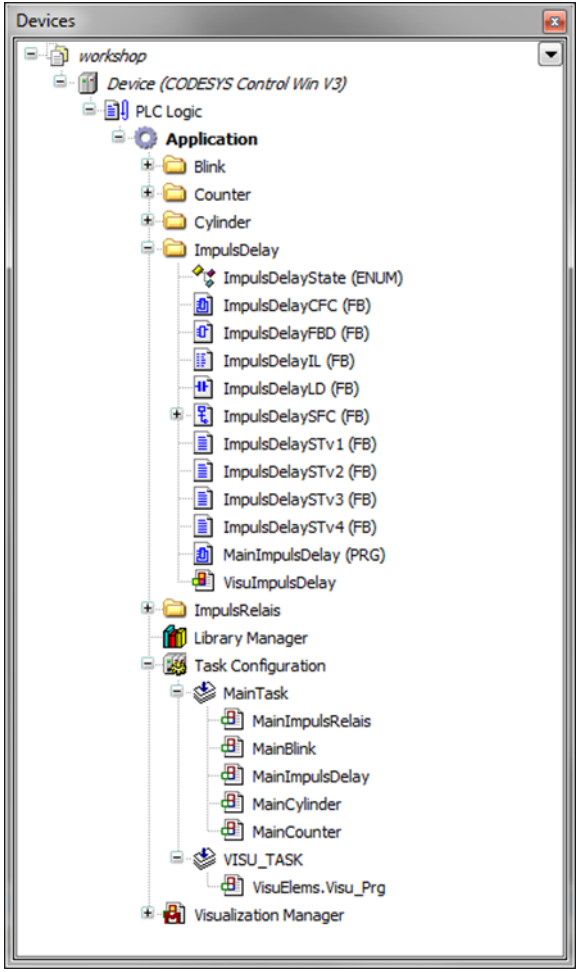
- Ladder (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Continuous Function Chart (CFC)
- Structured Text (ST)
- Instruction List (IL)
- Sequential Function Chart (SFC)

HO
GENT

IEC 61 131 - 3

- Resource
- Task
- Program Organisation Unit (POU)
  - Program
  - Function Block
  - Function

HO GENT


Devices
workshop
Device (CODESYS Control Win V3)
PLC Logic
Application
Blink
Counter
Cylinder
ImpulsDelay
ImpulsDelayState (ENUM)
ImpulsDelayCFC (FB)
ImpulsDelayFBD (FB)
ImpulsDelayIL (FB)
ImpulsDelayLD (FB)
ImpulsDelaySFC (FB)
ImpulsDelaySTv1 (FB)
ImpulsDelaySTv2 (FB)
ImpulsDelaySTv3 (FB)
ImpulsDelaySTv4 (FB)
MainImpulsDelay (PRG)
VisuImpulsDelay
ImpulsRelais
Library Manager
Task Configuration
MainTask
MainImpulsRelais
MainBlink
MainImpulsDelay
MainCylinder
MainCounter
VISU_TASK
VisuElems.Visu_Prg
Visualization Manager

HO
GENT

IEC 61 131 - 3

DataTypes

- BOOL
- BYTE / WORD / DWORD / LWORD
- SINT / INT / DINT / LINT / … / UINT…
- REAL / LREAL
- TIME / DATE
- CHAR / STRING
- WCHAR / WSTRING

- array / struct / enum

- functieblok

HO GENT

IEC 61 131 - 3

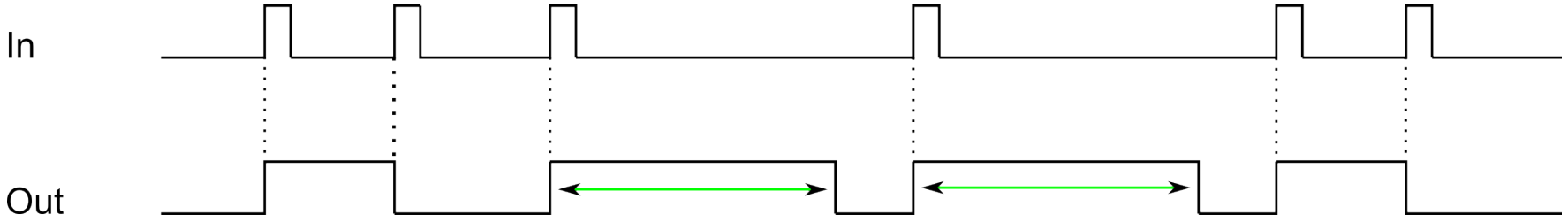
Variabele scope

- temp / lokaal / globaal
- Input / output / In-Out
- constanten
- retain / persistent

HO
GENT

IEC 61 131 - 3

Voorbeeld: ImpulsDelay

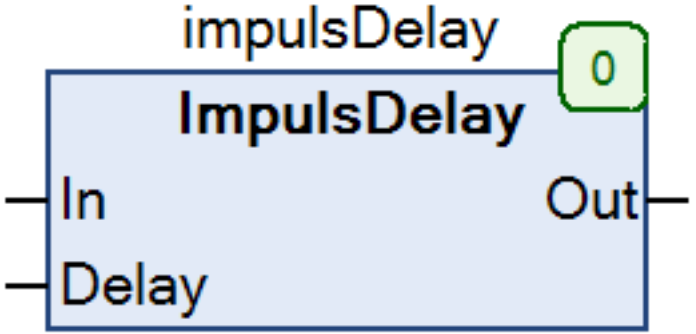


HO
GENT

IEC 61 131 - 3

ImpulsDelay: Variabelen / Datatypes

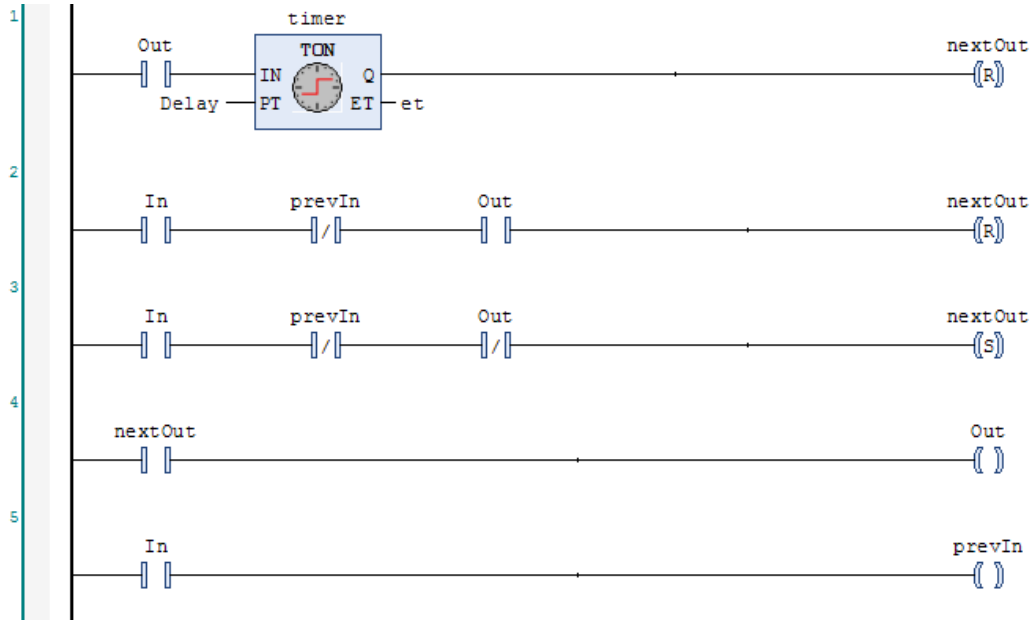
```
1   FUNCTION_BLOCK ImpulsDelay
2   VAR_INPUT
3       In : BOOL;
4       Delay: TIME := T#5s;
5   END_VAR
6   VAR_OUTPUT
7       Out : BOOL;
8   END_VAR
9   VAR
10      timer: TON;
11  END_VAR
```



HO GENT

IEC 61 131 - 3

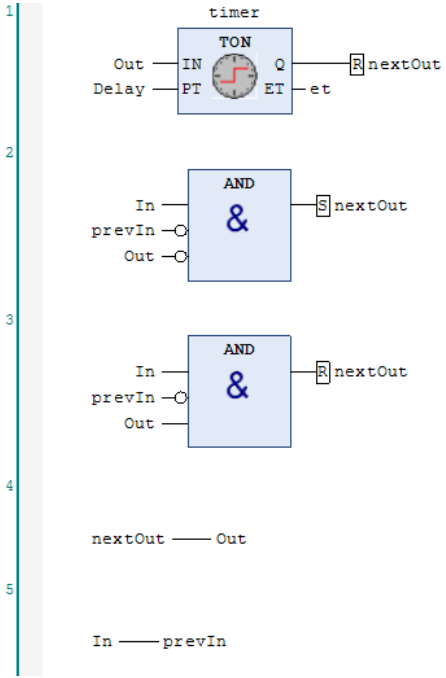
ImpulsDelay: Ladder (LD)



HO GENT

IEC 61 131 - 3

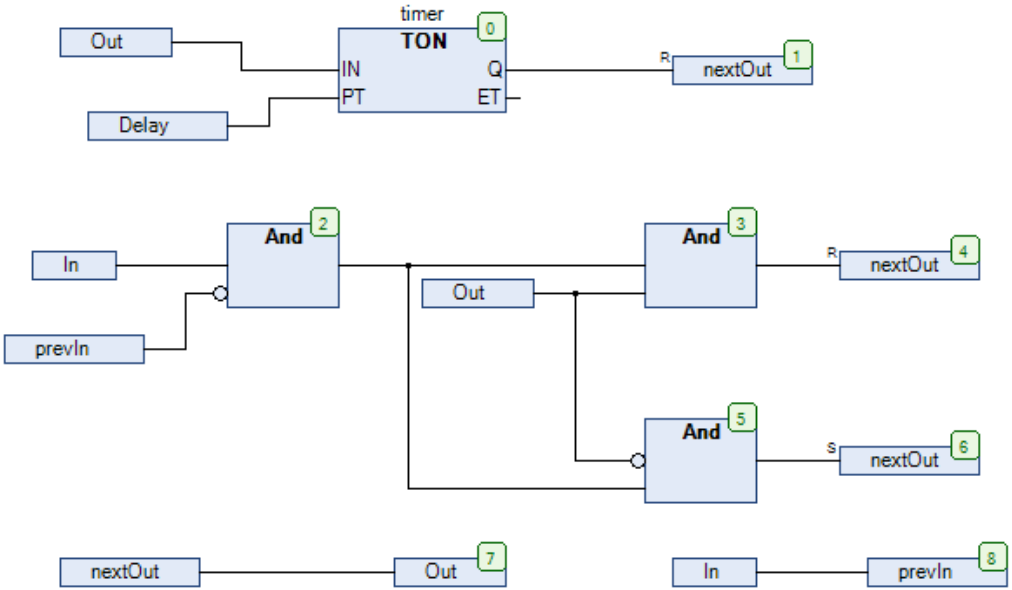
ImpulsDelay: Function Block Diagram (FBD)



HO GENT

IEC 61 131 - 3

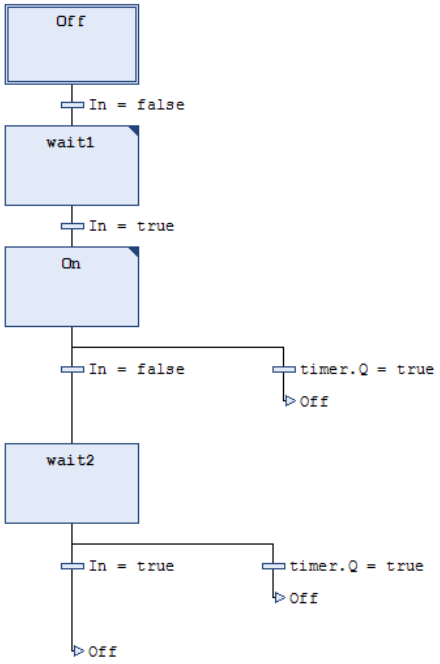
ImpulsDelay: Continuous Function Chart (CFC)



HO GENT

IEC 61 131 - 3

ImpulsDelay: Sequential Function Chart (SFC)



HO GENT

IEC 61 131 - 3

ImpulsDelay: Instruction List (IL)

```
1   CAL             timer(
                IN:= Out,
                PT:= Delay)

2   LD              In
    ANDN            prevIn
    ANDN            Out
    S               nextOut

3   LD              In
    ANDN            prevIn
    AND             Out
    R               nextOut

4   LD              timer.Q
    R               nextOut

5   LD              nextOut
    ST              Out

6   LD              In
    ST              prevIn
```

HO GENT

IEC 61 131 - 3

ImpulsDelay: Structured Text (ST)

```
1   timer(In := Out, PT := Delay);
2
3   IF In AND NOT prevIn THEN
4       Out := NOT Out;
5   END_IF;
6
7   IF timer.Q THEN
8       Out := FALSE;
9   END_IF;
10
11  prevIn := In;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

- hogere tekstuele programmeertaal
- ± pascal syntax

- instructies worden sequentieel uitgevoerd

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Commentaar

```
// here be dragons

(*
Dear maintainer,
Once you’re done trying to optimize this routine,and you have realized
what a terrible mistake that was, please increment the following counter
as a warning to the next guy:

total_hours_wasted_here = 42
*)
```

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Variabelen / Datatypes

- identiek voor alle IEC 61 131 – 3 programmeertalen

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Statements

- eindigt altijd met een ;

- leeg
- variabele
- toekenning
- functie(-block) aanroep
- conditionele structuren
- samengestelde statements

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Toekenning

- <variabele><toekenning><expressie><;>
- van rechts naar links!
- datatypes respecteren!

- :=
- S=
- R=

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Expressies

• 33	constante
• switch1	variabele
• sqrt(25)	functieaanroep
• a AND b	bewerking
• 1 * (2 + 5)	samengestelde bewerking
• out := in1	toekenning

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Constanten

- True
- 0
- WORD#16#2EF1
- BYTE#2#01010101
- INT#12
- 3.14
- ‘Hello World’

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Booleaanse Operatoren

- AND
- OR
- NOT
- XOR

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Rekenkundige Operatoren

- +
- -
- *
- **
- /
- MOD

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Comparatoren

- =
- <>
- <
- <=
- >
- >=

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Functies

- <naam functie><(>[arg1[,arg2]]<)>
  - NEG, INC, DEC, TRUNC, FRAC, ABS, FLOOR, SQR, SQRT, LN, LOG, EXP, EXPT
  - SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN
  - MIN, MAX
  - EQ, NE, GT, GE, LT, LE
  - ROL, ROR, SHL, SHR
  - CONCAT, DELETE, FIND, INSERT, LEFT, LEN, MID, REPLACE, RIGHT
  - TO_TYPE, TYPE_TO_TYPE
  - TIME
  - …

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

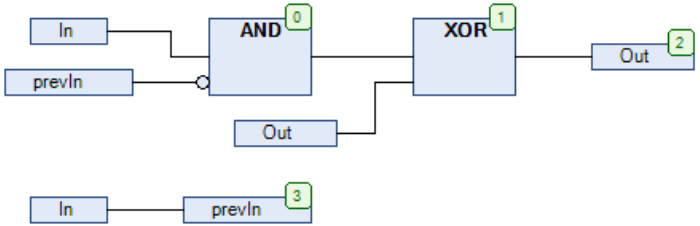
Volgorde bewerkingen

- ()
- functie aanroep
- -, NOT
- <, <=, >, >=
- =, <>
- AND
- XOR
- OR

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.1: ImpulsRelais



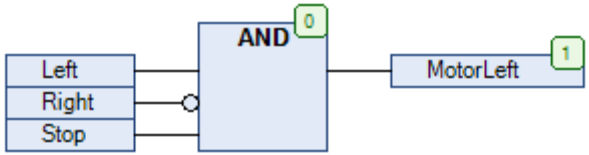

```
Out := Out XOR (in AND NOT prevIn);
prevIn := In;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 3.1: Conveyor - manueel

- manuele mode vraagt om een puur booleaanse oplossing met een gewone toekenning

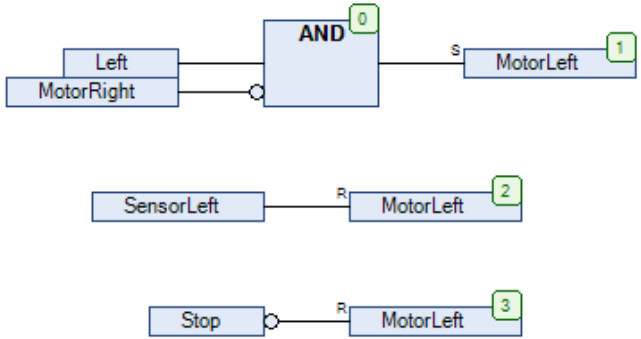


HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 3.1: Conveyor - automatisch

- automatische mode is dan weer een typisch probleem om op te lossen met set/reset



HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

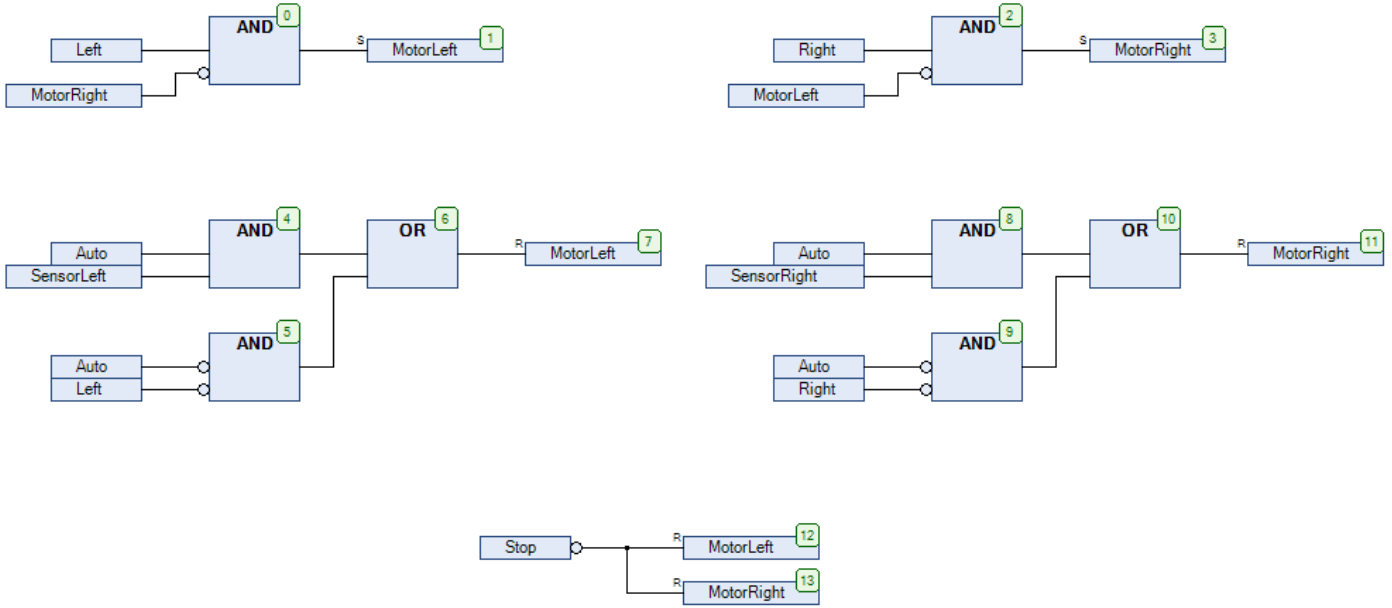
Oefening 3.1: Conveyor - volledig

- manuele en automatische werking samenvoegen lukt niet zomaar. Je kan immers geen set/reset en gewone toekenning door elkaar gebruiken
- Het vraagt dus wat knip en plakwerk…

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 3.1: Conveyor



HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 3.1: Conveyor

```
MotorLeft S= Left AND NOT MotorRight;
MotorRight S= Right AND NOT MotorLeft;

MotorLeft R= (Auto AND SensorLeft) OR (NOT Auto AND NOT Left);
MotorRight R= (Auto AND SensorRight) OR (NOT Auto AND NOT Right);

MotorLeft R= NOT Stop;
MotorRight R= NOT Stop;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Functieblok aanroep

in tegenstelling tot functies moet er voor een functieblok een variabele aangemaakt worden => instantie van die functieblok

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Functieblok aanroep

in tegenstelling tot functies moet er voor een functieblok een variabele aangemaakt worden => instantie van die functieblok

die variabele gedraagt zich als een struct met daaronder alle in-, uit- en interne variabelen die de functieblok nodig heeft om te kunnen functioneren

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Timer

PLC_PRG

```
1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR
3      motor: BOOL;
4      timer: TON;
5  END_VAR
```

PLC_PRG

Device.Application.PLC_PRG

Expression	Type	Value	Prepared value
motor	BOOL	FALSE	
timer	TON		
IN	BOOL	FALSE	
PT	TIME	T#0ms	
Q	BOOL	FALSE	
ET	TIME	T#0ms	

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

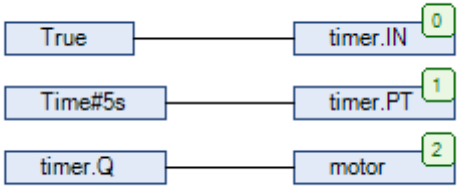
Functieblok aanroep

Variabelen in een struct zijn individueel aanspreekbaar. Op die manier kunnen de in- en uitgangen van een functieblok aangestuurd en afgevraagd worden.

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Timer



```
timer.IN := True;
timer.PT := Time#5s;
motor := timer.Q;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Functieblok aanroep

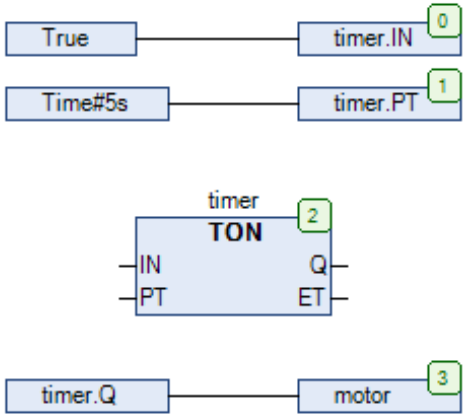
MAAR:

Daarmee is de functieblok zelf nog niet opgeroepen, en dus de achterliggende code nog niet uitgevoerd.

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Timer




```
timer.IN := True;
timer.PT := Time#5s;
timer();
motor := timer.Q;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

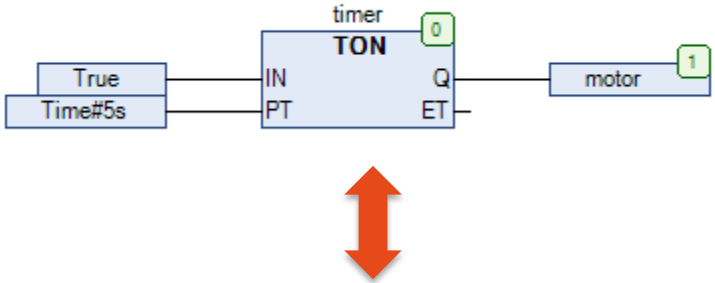
Functieblok aanroep

aansturen van ingangen en afvragen van uitgangen kan gecombineerd worden met de functieaanroep

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Timer

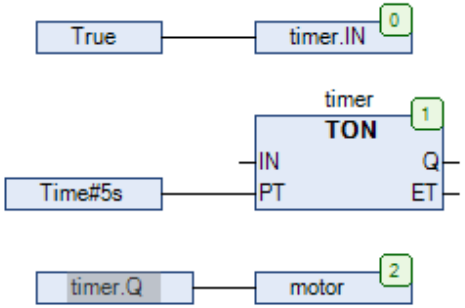



```
timer(IN := true, PT := Time#5s, Q => motor);
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Timer



```
timer.IN := True;
timer(PT := Time#5s);
motor := timer.Q;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Functieblok aanroep

LET OP met de volgorde van de verschillende instructies!

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Voorbeeld: Set-Reset

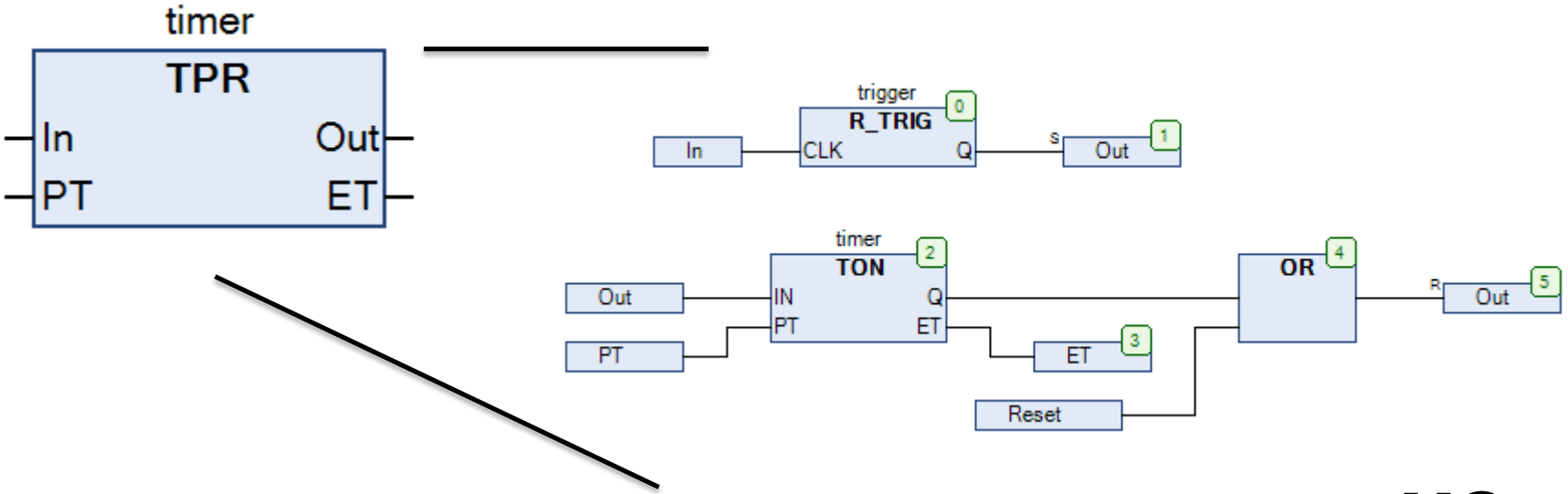
```
latch.SET := True;
latch();
lamp := latch.Q1;
```

```
lamp := latch.Q1;
latch();
latch.SET := True;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 2.1: Puls Timer met Reset



HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 2.1: Puls Timer met Reset

```
trigger.CLK := In;
trigger();
Out S= trigger.Q;

timer.IN := Out;
timer.PT := PT;
timer();
ET := timer.ET;
Out R= timer.Q OR Reset;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 2.1: Puls Timer met Reset

```
trigger(CLK := In);
Out S= trigger.Q;

timer(IN := Out, PT := PT, ET => ET);
Out R= timer.Q OR Reset;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Conditionele Structuren

- (blokken) code 0, 1 of meerdere keren uitvoeren

- IF, CASE
- FOR, WHILE, REPEAT

- LET OP: Lussen MOETEN in één cyclus kunnen uitgevoerd worden!!

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

IF structuur

```
IF <booleaanse expressie> THEN
    ;
ELSIF <booleaanse expressie> THEN
    ;
ELSE
    ;
END_IF;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.2: ImpulsRelais

```
Out := Out XOR (In AND NOT prevIn);
prevIn := In;
```

```
IF In AND NOT prevIn THEN
     Out := NOT Out;
END_IF;
prevIn := In;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 3.2: Conveyor

```
MotorLeft S= Left AND NOT MotorRight;
MotorRight S= Right AND NOT MotorLeft;

MotorLeft R= (Auto AND SensorLeft) OR (NOT Auto AND NOT Left);
MotorRight R= (Auto AND SensorRight) OR (NOT Auto AND NOT Right);

MotorLeft R= NOT Stop;
MotorRight R= NOT Stop;
```

```
IF Auto THEN    // AUTOMATISCH

    MotorLeft S= Left AND NOT MotorRight;
    MotorRight S= Right AND NOT MotorLeft;

    MotorLeft R= SensorLeft;
    MotorRight R= SensorRight;

    MotorLeft R= NOT Stop;
    MotorRight R= NOT Stop;

ELSE    // MANUEEL

    MotorLeft := Left AND NOT Right AND Stop;
    MotorRight := Right AND NOT left AND Stop;
END_IF
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

CASE structuur

```
CASE <integer variabele> OF
<const int>:
     ;
<const int>:
     ;
ELSE
     ;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

FOR structuur

```
FOR <int var> := <int exp> TO <int exp> BY <int exp> DO
    ;
END_FOR;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

WHILE structuur

```
WHILE <boolean expression> DO
    ;
END_WHILE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

WHILE structuur

```
REPEAT
    ;
UNTIL <boolean expression>
END_WHILE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Conditionele structuren - Lussen

Wat gebeurt er indien je d.m.v. een lus wacht totdat een ingang van toestand veranderd?

```
MotorRight := False;
WHILE NOT Right DO
    ;
END_WHILE;
MotorRight := True;
WHILE NOT SensorRight DO
    ;
END_WHILE;
MotorRight := False;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Finite State Machines

- meerdere toestanden
- per cyclus wordt slechts 1 toestand uitgevoerd
- transities met booleaanse voorwaarden om van toestand te veranderen

- ideaal voor sequentiële oefeningen

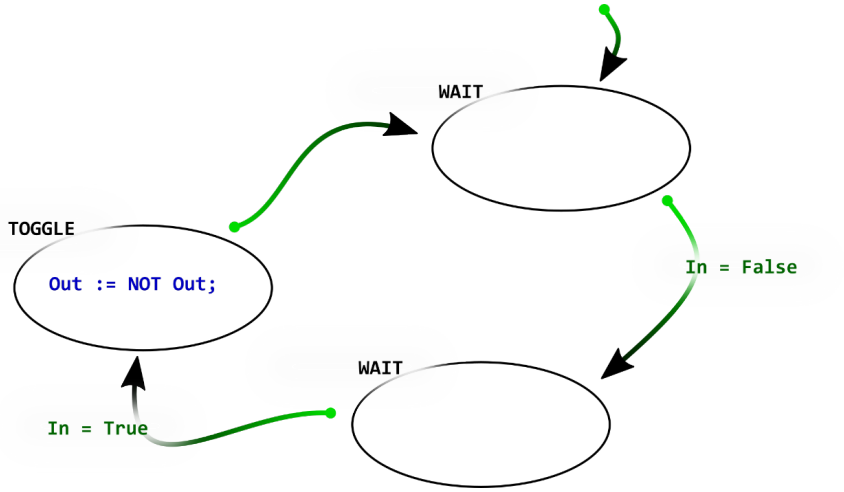
- grafisch → Sequential Function Charts

HO
GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Finite State Machines

de structuur van een programma kan grafisch voorgesteld worden d.m.v. een toestanden diagram



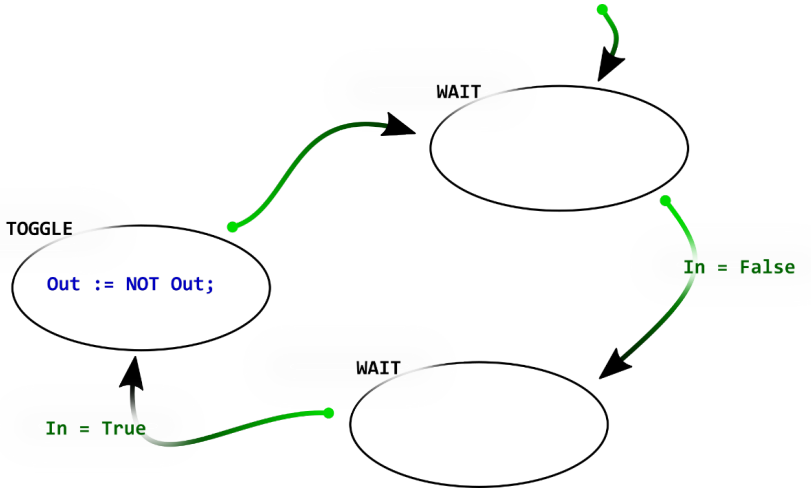
HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Finite State Machines

toestanden worden voorgesteld d.m.v. eilanden.

De FSM “bevindt” zich altijd in exact 1 toestand

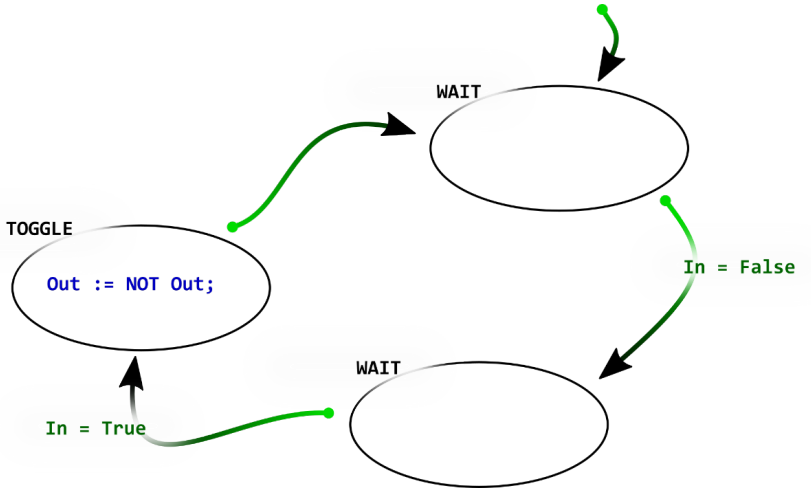


HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Finite State Machines

In iedere toestand geven we weer wat moet uitgevoerd worden wanneer de finite state machine zich in die toestand bevind.

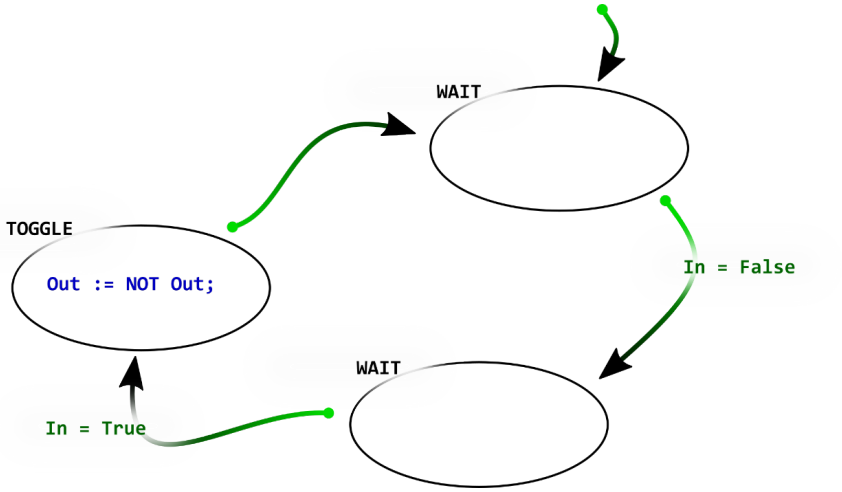


HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Finite State Machines

tussen de toestanden zijn transities getekend. Van zodra de voorwaarde van een vertrekkende pijl in de huidige toestand waar is, verspringt de FSM naar de volgende toestand



HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

STAP 1

definieer – naast alle andere variabelen – een interne variabele “state” van het type INT

```
VAR_INPUT
    In: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    Out: BOOL;
END_VAR
VAR
    state: INT;
END_VAR
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

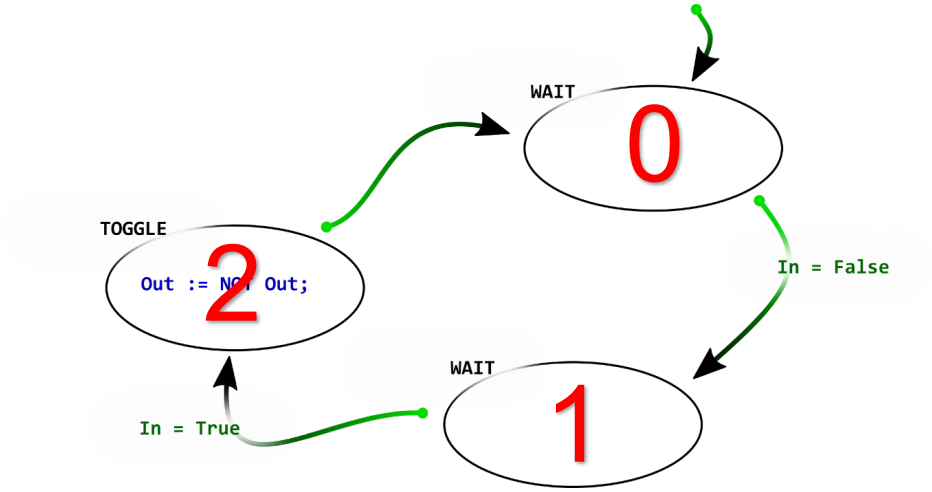
STAP 2

- programmeer een CASE structuur.
- voorzie evenveel cases als er toestanden zijn in het toestanden diagram
- geef de initiële toestand waarde 0

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais




```
CASE state OF
0:
    ;
1:
    ;
2:
    ;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

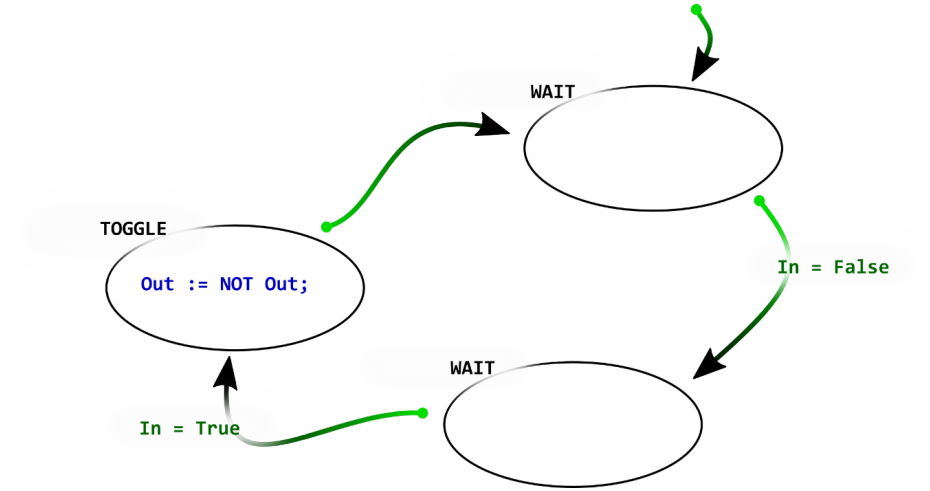
STAP 3

- programmeer in de verschillende cases de code die in die betreffende toestand moet uitgevoerd worden

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais




```
CASE state OF
0:
    ;
1:
    ;
2:
    Out := NOT Out;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

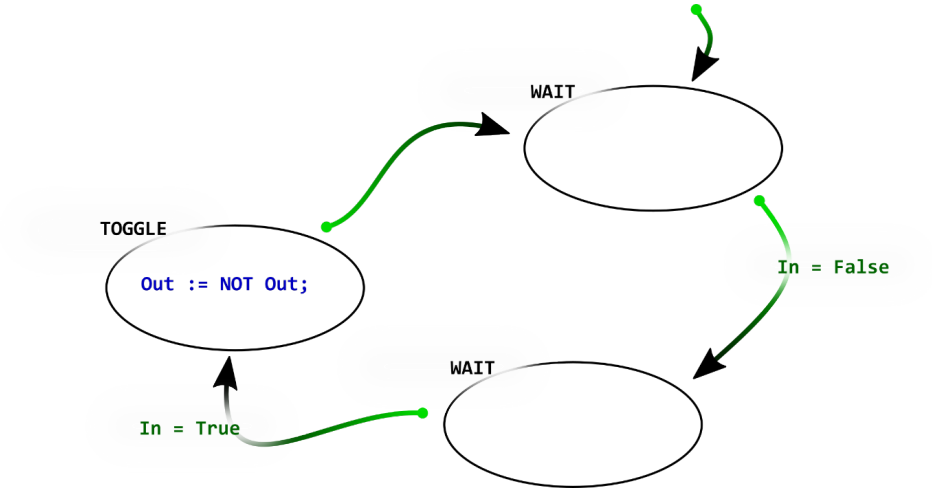
STAP 4

- transities programmeer je in de toestand waar de pijl vertrekt
- een transitie programmeren is zoveel als de variabele state gelijk stellen aan het nummer van de volgende toestand
- indien er een voorwaarde gekoppeld is aan de transitie dan programmeer je deze in een IF structuur

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

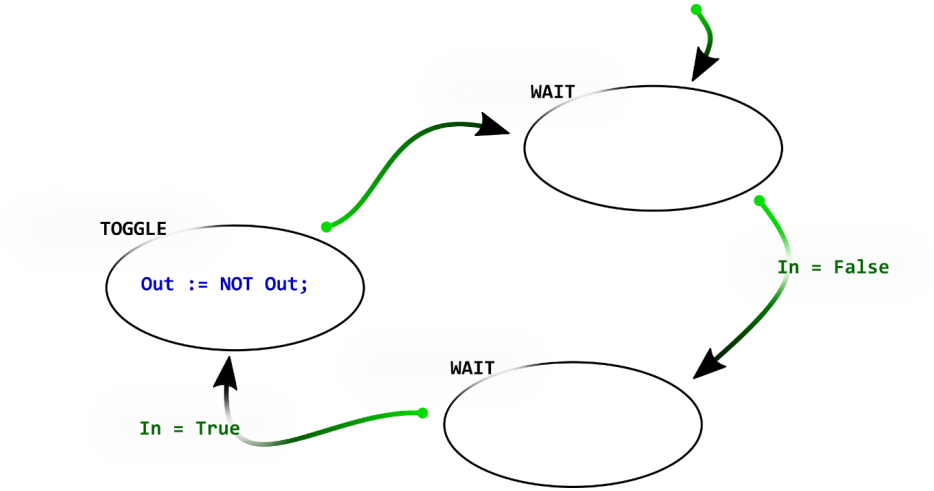



```
CASE state OF
0:
    IF In = False THEN
        state := 1;
    END_IF;
1:
    ;
2:
    Out := NOT Out;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais

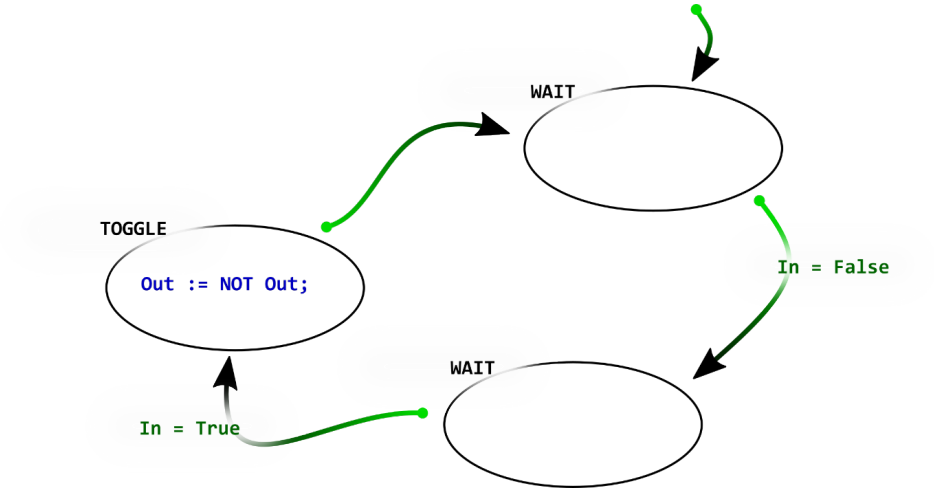



```
CASE state OF
0:
    IF In = False THEN
        state := 1;
    END_IF;
1:
    IF In = True THEN
        state := 2;
    END_IF;
2:
    Out := NOT Out;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 1.3 – ImpulsRelais




```
CASE state OF
0:
    IF In = False THEN
        state := 1;
    END_IF;
1:
    IF In = True THEN
        state := 2;
    END_IF;
2:
    Out := NOT Out;
    state := 0;
END_CASE;
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 2.2 – Puls Timer met Reset

Indien je in een FSM een andere functieblok wil gebruiken dan:

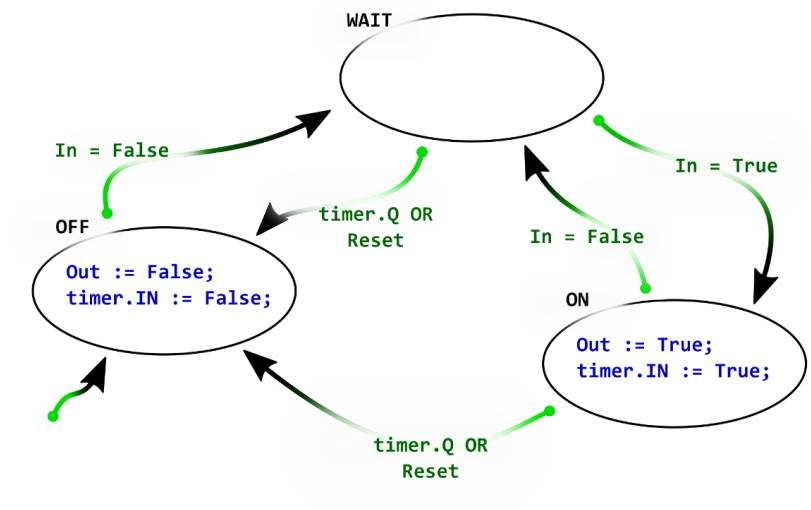
- roep je de functieblok aan BUITEN de case structuur
- schrijven naar de ingangen, afvragen van de uitgangen doe je in de case structuur

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 2.2 – Puls Timer met Reset

```
timer(PT := PT, ET => ET);
```




```
timer(PT := PT, ET => ET);

CASE state OF
    0:
        Out := FALSE;
        timer.IN := FALSE;

        IF In = FALSE THEN
            state := 1;
        END_IF

    1:
        IF timer.Q OR Reset THEN
            state := 0;
        ELSIF In = TRUE THEN
            state := 2;
        END_IF

    2:
        Out := TRUE;
        timer.IN := TRUE;

        IF timer.Q OR Reset THEN
            state := 0;
        ELSIF In = FALSE THEN
            state := 1;
        END_IF
END_CASE
```

HO GENT

IEC 61 131 – 3 Structured Text

Oefening 4.1 – Blokken groeperen

- ideale oefening om sequentieel op te lossen
- ontwerp het toestanden diagram al programmerend / debuggen
- veel eenvoudige toestanden ↔ beperkt aantal complexere
- vermijd counters en flank detectoren

- oefening baart kunst

HO
GENT