

Inhalt

- 1. Aufgabe.....1
- 2. Größen, Einheiten, Indices.....1
- 3. Grundlagen.....2
 - 3.1. Zeitgesteuerte Ablaufsteuerung.....2
 - 3.2. Signalgesteuerte Ablaufsteuerung.....3
 - 3.3. Die EDUSTEP - SPS.....4
- 4. Versuchsvorbereitung.....6
 - 4.1. Versuchsbedingungen.....6
 - 4.2. Versuchsprotokoll.....9
- 5. Versuchsdurchführung.....9
 - 5.1. Einfache Ampelsteuerung.....9
 - 5.2. Verbesserte Ampelsteuerung.....11
- 6. Versuchsauswertung.....12

Contents

- Scope.....1
- Variables, units, indexes.....1
- Basics.....2
 - Time driven logic control.....2
 - Signal driven Logic Control.....3
 - The EDUSTEP - PLC.....4
- Exercise preparation.....6
 - Exercise conditions.....6
 - Exercise protocol.....9
- Exercise performance.....9
 - Simple traffic light control.....9
 - Advanced traffic light control.....11
- Exercise evaluation.....12

1. Aufgabe

Die Aufgabe des Laborversuchs "Steuerungstechnik" besteht im Kennenlernen und praktischen Erproben steuerungstechnischer Grundfunktionen und Zusammenhänge. Die dabei gewählten Beispiele und Aufgabenstellungen wurden bewusst einfach gehalten und dem täglichen Erfahrungsbe- reich entlehnt, um einen gewissen Grad von Voll- ständigkeit hierbei erzielen zu können.

Scope

The aim of the exercise 'logic control' is to get knowledge and experience in basic handling of feed forward control methods. The chosen examples and exercise targets have their focus on simplicity and as well on daily experience.

2. Größen, Einheiten, Indices

Variables, units, indexes

Dargestellte Größe	Zeichen mark	Einheit unit	variable usage
mittlere Warteschlangenlänge	avrC	cars	average length of traffic stagnation
Auto-Anzahl	C	cars	amount of cars
Verkehrsdichte	D	cars/min	traffic load
logischer Zustand ob ein Auto vorhanden ist	lscar	-	logical indicator for vehicle presence
maximale Warteschlangenlänge	maxC	cars	maximum length of traffic stagnation
Zeitdauer der Rot- und Grünphase	T ₁	s	Duration of red or green light phase
logischer Stellgrößenvektor	<u>U</u>	-	vector of logical actuator signals
logische Zustandsgrößenvektor	<u>X</u>	-	vector of logical state values
Zielgrößenvektor	<u>Y</u>	-	vector of target values

Tabelle 1: Verwendete Größen und ihre Einheiten.
Table 1: Referenced variables.

Bedeutung	Indizes mark	description
-----------	--------------	-------------

für Fahrtrichtung A	A	for driving direction A
für Fahrtrichtung B	B	for driving direction B
für Fahrtrichtung C	C	for driving direction C
bezogen auf gesamten Lichterzyklus	cycle	according the whole light cycle
für Fahrtrichtung D	D	for driving direction D
für Grünphase	green	according green light phase
maximal zulässig, d.h. ohne Staubildung	max	maximum possible without blocking
wartend, in Warteschlange	wait	waiting for, in the traffic stagnation
Tabelle 2: Verwendete Indizes.		
Table 2: Referenced indexes.		

3. Grundlagen

Im Folgenden werden nochmals kurz die notwendigen Grundlagen zur Bearbeitung des Laborversuchs dargestellt, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann. Bedingt durch den begrenzten Umfang einer Versuchsbeschreibung muss teilweise auf eine vertiefte Darstellungen verzichtet werden, sofern sie nicht unbedingt zur Bearbeitung notwendig ist. Es sei hierfür auf die einschlägige Literatur oder maßgebliche Vorlesungsunterlagen verwiesen.

Basics

In the following we will summarize the basic topics which are necessary to workout this lab exercise. Due to the limited size of this lab documentation we disclaim deeper representations if it is not absolutely necessary for the handling. In case of further interest, please refer to other lecture notes or external literature on system control techniques.

3.1. Zeitgesteuerte Ablaufsteuerung

Die typischste und häufigste vorkommende Aufgabe bei der Prozessautomatisierung stellt der automatisierte (selbstständige) Ablauf eines technischen Systems (Prozess) dar.

Time driven logic control

The most typically task doing process automation is to ensure the autonomous functioning of a technical system (process).

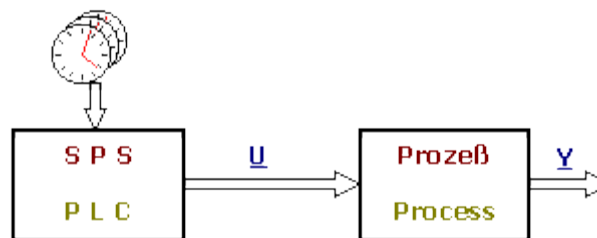


Abb./Fig. 3.1: Signalflussbild einer zeit gesteuerten Ablaufsteuerung.
Signal flow chart of a time driven logic control system.

Abb. 3.1 zeigt die Grundform einer Prozessautomatisierung durch eine sog. Ablaufsteuerung. Diese sieht vor, dass das gewünschte Verhalten der Maschine, Anlage oder auch nur eines ihrer Teile - welches wir hier abstrakt als **Prozess** bezeichnen - durch eine geeignete Ansteuersequenz erreicht werden kann.

Fig. 3.1 shows the basic form of a process automation by a logic control or feed forward control system. That designates that the desired behavior of the process, plant or machine will be achieved by suitable sets of actuator sequences.

Signaltheoretisch fassen wir das gewünschte Verhalten als Summe mehrerer Teilverhalten auf, die als sog. **Zielgrößen** im Vektor \underline{X} zusammengefasst sind. Die geeignete Ansteuerung soll hier in Form von logischen **Stellgrößen** \underline{U} erfolgen, die beispielsweise von einer **Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)** erzeugt werden.

Erfolgt die Generierung der Stellgrößen **ausschließlich** durch zeitliche Vorgaben, so spricht man von einer zeit gesteuerten **Ablaufsteuerung**.

Vertiefung: Ein bekanntes Beispiel aus dem täglichen Umfeld stellt die Ablaufsteuerung einer einfachen Waschmaschine durch eine Zeitschaltuhr dar. Durch die Wahl eines Waschprogramms wird eine feste Abfolge von logischen Stellfolgen generiert, die die Heizung, Ventile, Pumpen und Motoren geeignet an oder abschalten. Ein Blick auf zumindest etwas modernere Ausführungen verrät aber sofort, dass man dort mit solch einfachen Ansätzen nicht mehr zurechtkommen kann. Es werden dort neben Teilaufgaben zur Regelung auch Sensor basierte Modifikationen am zeitlichen Ablauf vorgenommen, wie dies nachfolgen beschrieben wird.

From point of signal theoretical view, we accumulate these various behaviors in the so called **state value vector** \underline{X} . The therefore needed **actuator signals** in the form of logical value vector \underline{U} are generated by a **programmable logic controller (PLC)**.

If the generation of the actuator signals take place **exclusive** via timing considerations, the one speaks about a **time-driven logic control**.

In detail: A well known example from daily surrounding field represents the logic control or flow control of a simple washing machine by a program-timer switch. By the selection of a washing program a fixed sequence of logical actions is generated to manipulate heating unit, valves, pumps or motors for a suitable overall behavior. A view of at least somewhat more modern machineries show the need for advanced methods of machine manipulation. Apart from subtasks for regulation (feed back control), sensor based modifications take place in the generation of actuator sequences, as described below.

3.2. Signalgesteuerte Ablaufsteuerung

Die gebräuchlichste Form der Prozessautomatisierung, wie sie in **Abb. 3.2** dargestellte ist, stellt die **signalgesteuerte Ablaufsteuerung** dar. Sie stellt eine Ergänzung der bisher gezeigten Form um die Einbeziehung gemessener Informationen des Prozesses in den Ablauf der Steuerung dar. Die gemessenen Größen (ja/nein-Messungen) sind im logische Zustandsgrößenvektor \underline{X} zusammengefasst, der der Steuerung beim nächsten Abtastschritt (z^{-1}) zur Auswertung zur Verfügung steht.

Signal driven Logic Control

The most common form of process automation, as shown in **Fig. 3.2**, represents the **signal-driven logic control** method. It represents a supplement of the former described situation by including process information via measurements into the control flow. The measured logical signals (yes/no, true/false, is/is not) are summarized in the state value vector \underline{X} , which is fed back to the controller one time step delayed (z^{-1}).

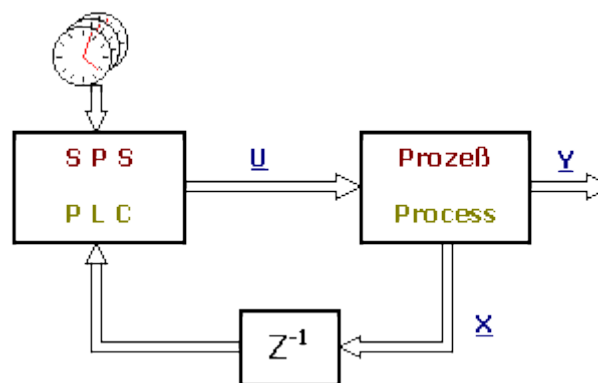


Abb./Fig. 3.2: Signalflussbild einer signalgesteuerten Ablaufsteuerung.
Signal flow chart of a signal driven logic control system.

3.3. Die EDUSTEP - SPS

Die Realisierung von Ablaufsteuerungen, wie wir sie hier betrachten wollen, erfolgt heutzutage in Rechner basierten Automatisierungsgeräten, den sog. **Speicher-Programmierbaren-Steuerungen**. Ihre Programmierung erfolgt durch unterschiedliche grafische und nicht grafische Sprachen, die teilweise noch Hersteller spezifisch und aber zunehmend mehr standardisiert sind. Da diese Sprachen für den vorliegenden Versuch weitaus zu mächtig sind, verwenden wir im Folgenden eine eigene, kleine Sprachdefinition (**EDUSTEP**).

Die **SPS-Realisierung** ermittelt aus den Eingangsgrößen (\underline{X}), den alten Ausgangsgrößen (\underline{U}), dem Zustand von Zeitgliedern (Timer) und internen Zwischengrößen (Marker) die neuen Ausgangsgrößen (\underline{U}).

The EDUSTEP - PLC

The implementation of flow control systems, as we consider here, is done in computer based automation systems nowadays. They are called **Programmable Logic Controllers**.

Their programming takes place via different graphic or non-graphic languages, which are sometimes still manufacturer specific.

Since these languages seem to be too powerful for our limited application, we use here a very small language definition (**EDUSTEP**).

The **PLC-implementation** determines with the input values (\underline{X}), the old output values (\underline{U}), the status of active timers (Timer) and inner memories (Marker) the new output values (\underline{U}).

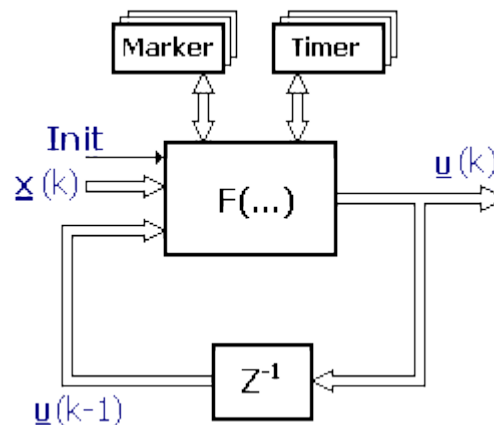


Abb./Fig. 3.3: Die SPS-Realisierung.
The PLC implementation.

Die EDUSTEP Befehlsstruktur:		The EDUSTEP command syntax:
<command>	CLEAR <Wobject>	Clears specified object and sets it to "false"
	SET <Wobject>	Sets specified object to "true"
	LET <Wobject> <expression>	Sets specified object to logical expression result
	IF <expression> THEN <command>	If <expression> is true then <command> will be executed
	TIMER <timer> <ncycle>	Sets specified timer to delay time (given by number of cycles T_S , $ncycle=0,1,\dots,30000$) and starts timing. If $ncycle=0$ is specified the timer is stopped
<expression>	<object>	is true, if <object> is true
	NOT (<expression>)	is true, if <expression> is not true
	<expression> AND <expression>	is true, if both expressions are true
	<expression> OR <expression>	is true, if one of the expressions is true
	(<expression>)	not yet !

verfügbare Objekte:			available objects:	
<object>:	<input>	E<n>	n = 1...MAX_IN	[true,false]
	<output>	A<n>	n = 1...MAX_OUT	[true,false]
	<marker>	M<n>	n = 1...MAX_MARKER	[true,false]
	<timer>	T<n>	n = 1...MAX_TIMER	[true=läuft, false=abgelaufen]
	<init>	INIT		[true=init/reset, false=sonst]
<Wobject>	<marker>			[true,false]
	<output>			[true,false]

Zur Verdeutlichung gehen wir von einem kleinen Beispiel aus, das wir auch im später folgenden Ampel-Applet (Versuch 1) ausprobieren können.

Aufgabe: Bei einer Ampel soll Rot zunächst 5s, dann Rot und Gelb 2s und schließlich Grün 5s lang leuchten, bevor der Ablauf wieder erneut beginnt.

For clarification we proceed from a small example, which we can also evaluate in the later on traffic light applet (experiment 1).

Task: For a given traffic light, red light should shine for 5 seconds, afterwards red and yellow for 2 seconds and finally green for 5 seconds. After this the sequence should replay.

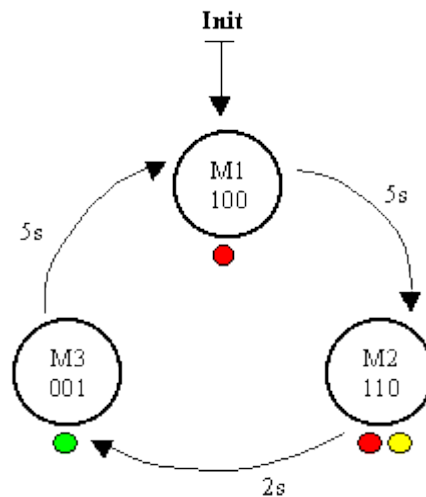


Abb./Fig. 3.4: Zustands-Übergangs-Diagramm 'Lichterfolge'.
State transition diagram 'running light'.

Darstellung: Eine anschauliche Beschreibung der Aufgabenstellung macht man häufig mit sog. Zustands-Übergangs-Diagrammen (Abb. 3.4). Hierbei werden einzelne Ablaufschritte, Phasen oder eben Zustände als Kreis symbolisiert und durch Pfeile die Übergänge mit ihren Bedingungen angegeben. In unserem Beispiel sind dies lediglich zeitliche Bedingungen, d.h. der Übergang erfolgt nach Ablauf einer Zeitspanne. Ein Sonderfall stellt der **Init**-Übergang dar, der festlegt, welcher Zustand beim Einschalten (Reset) eingenommen werden soll.

Die Zustände selbst werden benannt und/oder sog. Markern (interne Speicher) - hier M1, M2 und M3 - zugeordnet. Des Weiteren ist den Zuständen eine feste Ausgangssituation (100, 110, 001) zugewiesen, d.h. in unserem Beispiel die Ansteuerung der drei Signallampen (rot,gelb,grün).

Representation: A descriptive representation of the control flow tasks is the state transition diagram, as indicated in Fig. 3.4. Herein bubbles represent the various steps/phases of the control and arrows the transition between them. Inside the bubbles the corresponding output condition (red, yellow, green) may be indicated and nearby the arrow the condition for the transition is displayed. In our example simple timing consumptions are used for transitional conditions. A special case herein is the **Init**-transition, which defines the startup statuses (bubble) after reset or power on occurs.

The statuses are named by markers (internal memories), here M1, M2 and M3.

```

IF INIT THEN SET M1
IF INIT THEN TIMER T1 5
IF M1 AND NOT(T1) THEN SET M2
IF M1 AND NOT(T1) THEN TIMER T2 2
IF M1 AND NOT(T1) THEN CLEAR M1
IF M2 AND NOT(T2) THEN SET M3
IF M2 AND NOT(T2) THEN TIMER T3 5
IF M2 AND NOT(T2) THEN CLEAR M2
IF M3 AND NOT(T3) THEN SET M1
IF M3 AND NOT(T3) THEN TIMER T1 5
IF M3 AND NOT(T3) THEN CLEAR M3
LET A1 M1 OR M2
LET A2 M2
LET A3 M3

```

Realisierung: Der erste Abschnitt dient der Initialisierung, indem der Zustand M1 aktiviert (Merker M1 gesetzt) und der Timer zum Verlassen des Zustands M1 mit 5s gestartet wird.

Der zweite Abschnitt realisiert den Übergang vom Zustand M1 nach M2, wenn die Zeit (5s) abgelaufen ist, indem Merker M2 gesetzt, M1 gelöscht und der neue Timer gestartet wird. Die Reihenfolge der drei Befehlszeilen ist für die Funktion wichtig, da sich eine Änderung des Merkers unmittelbar auswirkt. Einfacher wäre es, wenn die IF-Bedingung mehrere Kommandos ausführen könnte, was jedoch nicht implementiert ist.

Der dritte und vierte Abschnitt behandelt analog die Übergänge von Zustand M2 nach M3 und weiter wieder nach M1.

Der letzte Abschnitt dient der Abbildung der Zustände auf die gewünschte Ausgangssituation.

Implementation: The first paragraph serves the initialization, as the status M1 is activated (marker set) and the timer for leaving this status after 5 seconds is started.

The second paragraph implements the transition from the status M1 towards M2, if time (5s) has expired by setting marker M2, clearing M1 and starting the new timer for the next transition. The order of these three programming lines is mandatory because of the limited complexity of the IF-condition (no block possible) and the sudden change of the markers.

The third and fourth paragraph treat the transitions of status M2 to M3 and straight on to M1 again in a similar way we've discussed before.

The last paragraph serves the correspondence of statuses and output situation for the traffic lights.

4. Versuchsvorbereitung

Bevor wir uns auf die einzelnen Versuch stürzen, seien hier zunächst die Versuchsgegebenheiten etwas näher beschrieben, insbesondere die Bedienung der einzelnen Versuchs-Applets.

Darüber hinaus wird ein Vorschlag beschrieben, wie die Versuchsergebnisse geeignet zu dokumentieren sind und auf was man dabei achten sollte.

4.1. Versuchsbedingungen

Es werden insgesamt zwei verschiedene Nachbildungen von Versuchsanordnungen ("Einfache Verkehrsampelsteuerung", "Verkehrsampelsteuerung mit Induktionsschleifen") verwendet, deren Bedienung gleich ist. Einziger Unterschied ist die Verfügbarkeit von vier Eingängen für die Induktionsschleifen.

Exercise preparation

Before we go into detail with the several test equipments, here the attempt conditions are somewhat closer described, in particular the user interface of the test applets.

Beyond that a suggestion is described, how the test results can be documented suitably and hints are given on which one should be payed attention.

Exercise conditions

Altogether two different experimental assemblies ("simple traffic light control", "traffic light control with inductance sensors") are used, whose user interface equal and will be explained so far. The only difference is given by the availability of the four inputs for the inductance sensors.

Das Kreuzungsmodell:

The traffic junction model:

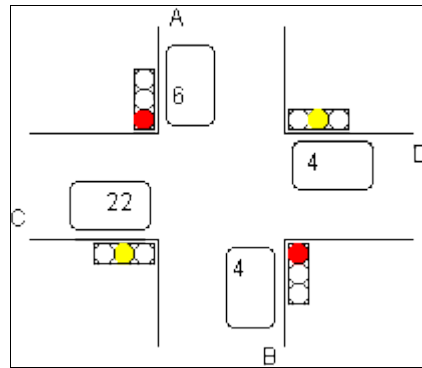


Abb./Fig. 4.1: Verkehrskreuzung mit einfacher Ampelausstattung.
Traffic junction with simple light equipment.

Für die gewählte Aufgabenstellung gehen wir von einer einfachen Verkehrskreuzung aus und nehmen weiter an, dass sich die Fahrzeuge überschneidungsfrei bewegen (ohne abbiegen). Neben den vier Ampeln für die vier Richtungen (A, B, C und D) sind keine weiteren Besonderheiten (Fußgängerampeln, gesonderte Abbiegerspuren, ...) zu beachten.

For the selected task we will concern from a simple traffic junction and assume that vehicles move only straight ahead to get non-overlapping conditions. Beside the four traffic lights for the directions (A, B, C and D) no further special features (pedestrian traffic lights, separate turn traffic lights, ...) are to be considered.



Abb./Fig. 4.2: Verkehrskreuzung als MIMO-Regelstrecke.
Traffic junction as a MIMO-plant.

Aus Sicht der Systemtheorie handelt es sich um eine MIMO-Strecke mit den 6 Eingängen (red_{AB} , $yellow_{AB}$, $green_{AB}$, red_{CD} , $yellow_{CD}$ und $green_{CD}$) für die einzelnen Signalleuchten und den 4 Ausgängen ($Iscar_A$, $Iscar_B$, $Iscar_C$ und $Iscar_D$). Die Ausgänge sind dabei die Zustände der Induktionsschleifen und zeigen an, ob ein Fahrzeug noch vor der Ampel wartet.

From point of system theory it concerns a MIMO-plant with six inputs (red_{AB} , $yellow_{AB}$, $green_{AB}$, red_{CD} , $yellow_{CD}$ und $green_{CD}$) for the traffic light lights and four outputs ($Iscar_A$, $Iscar_B$, $Iscar_C$ und $Iscar_D$) from the inductance sensors. These sensors indicate, if one or more vehicle is waiting in frond of the traffic light.

Die Simulationsumgebung:

The simulation environment:

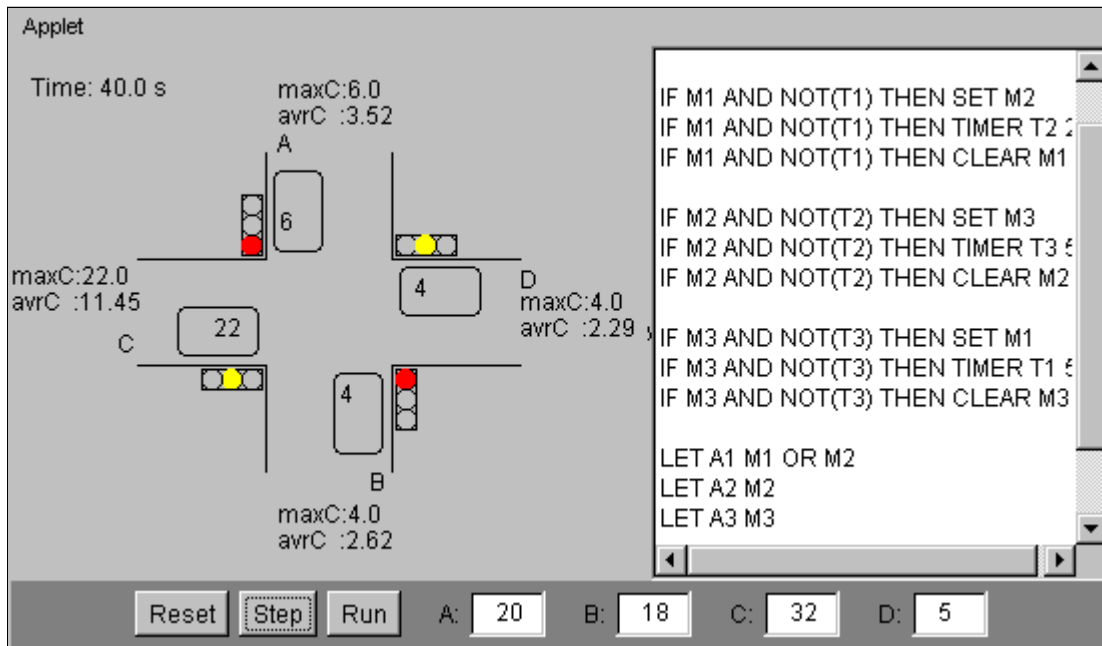


Abb./Fig. 4.3: Darstellung während des Versuchsablaufs.
Representation during test sequence

Wie man aus der Darstellung des Versuchsablaufs in **Abb. 4.3** erkennen kann, gibt es die drei Hauptbereiche der Kreuzungsdarstellung (Links), das Programmierfenster (Rechts) und die Kommandozeile (Unten).

- Die **Kreuzungsdarstellung** zeigt die momentane Situation der Ampeln, der wartenden Fahrzeuge (falls welche vorhanden), die Simulationszeit und zwei statistische Angaben für jede Fahrtrichtung. Dies ist einmal die bisher aufgetretene maximale Warteschlangenlänge (**maxC** in Anzahl der Autos) und die mittlere Warteschlangenlänge (**avrC** in Anzahl der Autos)
- Das **Programmierfenster** enthält den Ablauf-Code entsprechend der EDUSTEP-Syntax. Zum evtl. Importieren oder Exportieren von umfangreicheren Programmen oder aber auch zum Ausdruck kann über das Clipboard Text ein- und ausgefügt werden. Werden Fehler bei der Abarbeitung erkannt, so werden diese in Rot in der Kreuzungsdarstellung angezeigt. Den Syntaxcheck startet man am besten durch den Reset-Button.

Fig. 4.3 shows the traffic junction representation which is divided into three main areas. First on the left is the junction indication area, second on the right the programming window of the PLC and last at the bottom is the command line area.

- The **junction indication area** shows the actual status of the traffic lights, indicates waiting vehicles if present and displays two statistical variables for each driving direction. Statistical variable **maxC** is the maximum line length of waiting vehicles so far in number of cars; variable **avrC** is the average line length in number of cars.
- The **programming window** contains the program code in EDUSTEP syntax. For import and export of longer program code the text can be included or excluded via the clipboard function of the operating system. If an error occurs, a red colored message is displayed at the bottom of the junction indication area. To get a syntax check first, a simple click on the reset button (see below) will do so.

- Die **Kommandozeile** enthält neben den drei Funktions-Buttons noch vier Eingabefelder für die anzunehmende Fahrzeugdichte (in Autos pro Minute) je Fahrtrichtung (A,B,C,D). Ihr Wert kann jeweils im Haltezustand zwischen 0 und 60 eingestellt werden.

Der **Reset-Button** dient zum Zurücksetzen aller Komponenten und zum Syntax-Check.

Der **Step-Button** erlaubt die einmalige Bearbeitung des Steuerprogramms, um die Funktion schrittweise überprüfen zu können.

Der **Run/Stop-Button** schaltet auf Dauerbetrieb ein/aus, wobei die zeitlichen Abläufe etwa 10 mal schneller durchgeführt werden.

- The **command line area** contains beside the three function buttons four parameter input fields to adjust the traffic density for each driving direction (A,B,C,D). Their value may vary between 0 and 60 vehicles per minute.

The **Reset-button** serves for resetting all components and for syntax check.

The **Step-button** permits a single step of simulation, i.e. time goes T_S ahead.

The **Run/Stop-button** switches the continuous simulation on or off, whereby the operation will run about ten times faster than reality to shorten the testing phase.

4.2. Versuchsprotokoll

Das Versuchsprotokoll stellt die Basis des später zu erstellenden Versuchsberichts dar und ist eine Mitschrift über Randbedingungen und Ergebnisse mehrerer Teilversuche.

Da die Versuche am Rechner durchgeführt werden, empfiehlt sich das zu verwendende Textprogramm für das Protokoll parallel auszuführen, um eine aktuelle Mitschrift des Versuchsablaufs zu gewährleisten. Einige Angabe kann man auch direkt mittels Cut/Paste aus der Versuchsvorschrift übernehmen, ergänzen oder auf die besonderen Bedürfnisse anpassen. Versuchsergebnisse (z.B.: Grafiken) lassen sich am besten per Hardcopy in das Textprogramm übernehmen, indem man sie auf die interessierenden Bereiche zuschneidet und ggf. mit Text ergänzt.

Exercise protocol

The exercise protocol represents the logging of several test conditions and test results will be the basis for the later on written lab-practice report.

Since the experiments are handled at the computer it's recommended to start your text program in parallel to simply switchover between testing and logging. Some one can take over specifications out of this practice documentation or results by cut and paste function using the clipboard of the computer. Graphic results, like signal charts a applet, can be easily copied by hard-copy function of the computer and fitting them to interested areas by the text program or a individual graphic program.

5. Versuchsdurchführung

5.1. Einfache Ampelsteuerung

Gegeben ist die Versuchsanordnungen (5.1), die das Verhalten einer einfachen Verkehrskreuzung nachbildet.

Exercise performance

Simple traffic light control

The experimental assembly (5.1) is given, which represents the behavior of a simple traffic junction.



Vorab: Dokumentieren sie ihre Antworten möglichst auch mit Bildern und begründen sie ihre Antworten !

- Die Ampelphasen lauten: Rot - Rot/Gelb - Grün - Gelb - ...
- Die Gelb- und Rot/Gelb-Phase soll jeweils 2s dauern.
- Die Rot- und Grün-Phase soll jeweils T_1 lang sein.
- Das Passieren eines Autos dauert 2s, und damit beträgt die maximal mögliche Verkehrsdichte $D_{\max, \text{green}} = 30 \text{ Autos/min}$.
- In der Grün-Phase kann ein Auto passieren. In der Gelb-Phase kann ein bereits passierendes Auto noch weiter fahren.
- In der Rot-Phase darf kein Auto fahren.

Ermitteln der Erwartungen:

- Bestimmen Sie die maximale Verkehrsdichte der obigen Ampelsteuerung
 $D_{\max, \text{cycle}} = f_1(T_1, D_{\max, \text{green}})$
formelmäßig.
- Für $T_1 = 2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ und $120s$ berechne man $D_{\max, \text{cycle}}$ zahlenmäßig, stelle die Werte in einem Diagramm dar und interpretiere ihren Verlauf.
- Bestimmen Sie die bei $D_{\max, \text{cycle}}$ auftretende maximale Warteschlangenlänge
 $C_{\max, \text{wait}} = f_2(T_1, D_{\max, \text{green}})$
formelmäßig.
- Für $T_1 = 2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ und $120s$ berechne man $C_{\max, \text{wait}}$ zahlenmäßig, stelle die Werte in einem Diagramm dar und interpretiere ihren Verlauf.
- Mit den gefundenen Ergebnissen begründe man eine geeignete Wahl für die Phasenlänge T_1 .

First: Document your report with pictures/graphs whenever possible to justify your statements !

- The traffic light phases are: red - red/yellow - green - yellow - ...
- The yellow and red/yellow phase should last 2 seconds each.
- The red and green phase should last T_1 in each case and will be modified.
- The crossing of the junction for a car needs 2 seconds, thus the max. possible density of traffic amounts $D_{\max, \text{green}} = 30 \text{ cars/min}$.
- While green phase, cars may cross the junction. In the yellow phase a car already crossing can drive still further.
- In the red phase no car may drive.

Determine expects:

- Determine the max. density of traffic of the above traffic light control
 $D_{\max, \text{cycle}} = f_1(T_1, D_{\max, \text{green}})$
by formula.
- For $T_1 = 2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ and $120s$ determine $D_{\max, \text{cycle}}$ by value, display them in a diagram and interpret their process.
- Determine for $D_{\max, \text{cycle}}$ the resulting max. queue length of waiting cars
 $C_{\max, \text{wait}} = f_2(T_1, D_{\max, \text{green}})$
by formula.
- For $T_1 = 2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ and $120s$ determine $C_{\max, \text{wait}}$ by value, display them in a diagram and interpret their process.
- With the determined results one justifies a suitable selection for the phase length T_1 .

Umsetzung und Erprobung:

- Man entwerfe ein geeignetes Zustandsübergangsdiagramm für die geforderte Ampelsteuerung, aus der die Zustände (mit Ausgangszuständen) und die Übergangsbedingungen ersichtlich sind.
- Man entwerfe ein entsprechendes Steuerungsprogramm und erprobe es schrittweise für $T_1=5s$.
- Für $T_1= 2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ und $120s$ simuliere man ca. 500s lang und ermittle die gerade noch zulässige (dies bedeutet am Ende der Grün-Phase muss die Warteschlange abgebaut sein, das Symbol verschwindet kurz) Verkehrsdichte für die AB- und CD-Richtung. Notieren Sie die dabei aufgetretenen Werte für $D_{max,AB}$, $D_{max,CD}$, $maxC_{AB}$, $maxC_{CD}$, $avrC_{AB}$ und $avrC_{CD}$.

Implementation and evaluation:

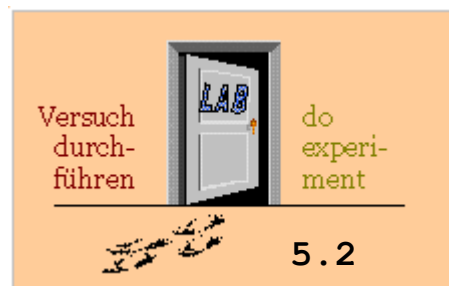
- One sketches a suitable state transition diagram for the required traffic light control, by which the statuses (with output conditions) and the transition conditions are shown.
- One sketches an appropriate control program and tests it step by step for $T_1=5s$.
- For $T_1=2s, 3s, 4s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s$ and $120s$ one simulate for about 500s and determine the even still admissible (this means at end of green phase the queue should be empty, i.e. the car symbol disappears briefly) density of traffic for the AB- and CD-direction. Note the values for $D_{max,AB}$, $D_{max,CD}$, $maxC_{AB}$, $maxC_{CD}$, $avrC_{AB}$ and $avrC_{CD}$.

5.2. Verbesserte Ampelsteuerung

Gegeben ist eine Versuchsanordnungen (5.2), die das Verhalten einer Verkehrskreuzung nachbildet und für jede Fahrtrichtung mit Induktionsschleifen ausgestattet ist, die das Vorhandensein eines Fahrzeuges anzeigen.

Advanced traffic light control

The experimental assembly (5.2) is given, which represent the behavior of a simple traffic junction with inductance loops for each driving direction, indicating the presence of a vehicle.



Vorab: Dokumentieren sie ihre Antworten möglichst auch mit Bildern und begründen sie ihre Antworten !

- Die Grundidee einer verbesserten Steuerung liegt in einer modifizierten Weiterschaltbedingung von Grün nach Gelb durch Benutzung der Induktionsschleifen.
- Die Weiterschaltung soll erfolgen, wenn entweder wie bisher T_1 abgelaufen ist oder in Grün-Richtung kein Auto und in Rot-Richtung ein Auto vorhanden ist.

First: Document your report with pictures/graphs whenever possible to justify your statements !

- The philosophy of an improved control is situated in a modified condition for transition from green to yellow by use of the inductance sensors.
- The transition should take place, if either T_1 has expired (as done before) or if no car is in green direction but a car is in the red direction.

Verbesserung und Erprobung:

- Man entwerfe ein geeignetes Zustandsdiagramm (*modifiziert zu Versuch 5.1*).
- Man entwerfe ein entsprechendes Steuerungsprogramm und erprobe es schrittweise.
Hinweis: Da komplexere logische Ausdrücke durch die EDUSTEP-Sprache nicht unterstützt werden, sind diese durch Verwendung eines oder mehrere Hilfsmerker zu realisieren.
- Für $T_1=30s$ und $D_{AB}=D_{CD}=[2,4,6,\dots,12,14]$ Autos/min simuliere man ca. 500s lang und ermittle $\max C_{AB}$, $\max C_{CD}$, $\text{avr}C_{AB}$ und $\text{avr}C_{CD}$.
- Für $T_1=30s$ und $D_{AB}=[2,4,6,\dots,24,26]$ Autos/min simuliere man ca. 500s lang und ermittle die gerade noch zulässige (dies bedeutet am Ende der Grün-Phase muss die Warteschlange abgebaut sein, das Symbol verschwindet kurz) Verkehrsdichte D_{CD} (nur gerade Zahlenwerte!). Notieren Sie die dabei aufgetretenen Werte für $\text{avr}C_{AB}$ und $\text{avr}C_{CD}$.

Improvement and testing:

- One sketches a suitable state transition diagram (*slightly enlarged to experiment 5.1*).
- One sketches an appropriate control program and tests it step by step.
Hints: Since more complex logical expressions are not supported by the EDUSTEP language, these are to be implemented by one or more auxiliary markers.
- For $T_1=30s$ and $D_{AB}=D_{CD}=[2,4,6,\dots,12,14]$ cars/min one simulate for about 500s and determine $\max C_{AB}$, $\max C_{CD}$, $\text{avr}C_{AB}$ and $\text{avr}C_{CD}$.
- For $T_1=30s$ and $D_{AB}=[2,4,6,\dots,24,26]$ cars/min one simulate for about 500s and determine the even still admissible (this means at end of green phase the queue should be empty, i.e. the car symbol disappears briefly) density of traffic D_{CD} (only even values!). Note the results for $\text{avr}C_{AB}$ and $\text{avr}C_{CD}$.

6. Versuchsauswertung

Die Versuchsauswertung ist eine kurz gefasste Zusammenfassung der ermittelten Ergebnisse, Auswertung und Interpretation. Als Hilfestellung sind nachfolgend stichpunktartig die notwendigen Inhalte Aufgeführt.

Zu 5.1::

- Theoretische Ableitung der Formel $D_{\max,\text{cycle}} = f_1(T_1, D_{\max,\text{green}})$, Wertetabelle und Darstellung als Diagramm
- Theoretische Ableitung der Formel $C_{\max,\text{wait}} = f_2(T_1, D_{\max,\text{green}})$, Wertetabelle und Darstellung als Diagramm
- Wahl der geeigneten Phasenlänge T_1 mit Begründung
- Zustandsübergangsdiagramm und zugehöriges Programm (EDUSTEP)
- tabellarische Darstellung der Versuchsergebnisse
- Vergleichen Sie die Ergebnisse der Richtung AB und CD.
- Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den theoretischen Erwartungen und geben Sie Hinweise auf Gründe einer Abweichung.

Exercise evaluation

The exercise evaluation is a brief summary of the received results, evaluations and interpretations. As a support the necessary contents are listed below.

Top 5.1:

- Theoretical evaluation of the formula $D_{\max,\text{cycle}} = f_1(T_1, D_{\max,\text{green}})$, table of values and representation in a diagram
- Theoretical evaluation of the formula $C_{\max,\text{wait}} = f_2(T_1, D_{\max,\text{green}})$, table of values and representation in a diagram
- Decide for a suitable phase length T_1 and justify
- State transition diagram and corresponding source code (EDUSTEP)
- representation of the results as a table
- Compare the results of direction AB and CD.
- Compare the results with the theoretical expectations and give hints and reasons for the deviations.

Zu 5.2::

- Zustandsübergangsdigramm und zugehöriges Programm (EDUSTEP)
- tabellarische Darstellung der Versuchsergebnisse mit den alten und neuen maxC und avrC Werten.
- Vergleichen Sie die Ergebnisse und interpretieren Sie das verbesserte Verhalten bei kleinen Verkehrsdichten.
- tabellarische Darstellung der Versuchsergebnisse
- Vergleichen Sie die Ergebnisse und interpretieren Sie das verbesserte Verhalten bei maximaler Verkehrsdichte mit geringem Querverkehr.

Abschließende Bemerkungen:

- Zusammenfassende Anmerkungen, Interpretationen und Bewertungen

Top 5.2:

- State transition diagram and corresponding source code (EDUSTEP)
- representation of the results as a table with the old and new values of maxC and avrC
- Compare the result and interpret the improvement even for small densities of traffic.
- representation of the results as a table
- Compare the results and interpret the improved behavior for max. density of traffic while minor cross traffic.

Final remarks:

Summarizing comments, interpretations and assessments