STEUERUNG EINES VORRATSBEHÄLTERS

Aufgabenreihe zur Einführung in die Steuerungstechnik am Beispiel der Steuerung eines Vorratsbehälters

INHALT

1. BETRIEB DER ANLAGE MIT HANDSTEUERUNG: 3

2. ANZEIGE VON LEER UND VOLL DURCH LEUCHTMELDER / GATTERSCHALTUNG 3

3. ANZEIGE EINES SENSORFEHLERS / GATTER MIT VEREINFACHUNG 5

4. PUMPENSTEUERUNG MIT GATTERN 7

5. BEDIENELEMENTE MIT ÖFFNER, BZW. SCHLIEßER 10

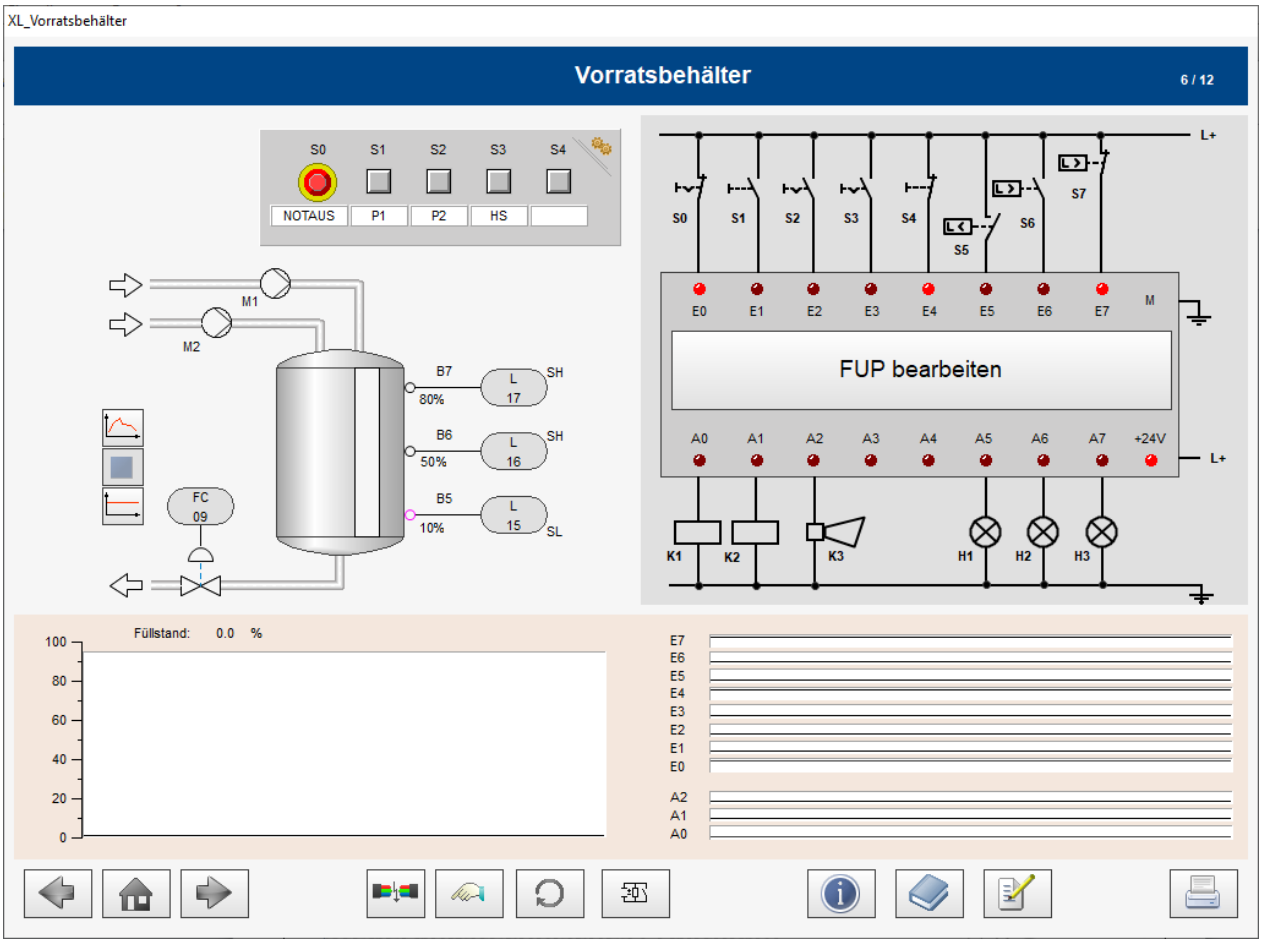
6. STEUERUNG MIT TASTERBETRIEB / EINFÜHRUNG RS-SPEICHER 11

7. PUMPENSTEUERUNG MIT SPEICHERN UND GATTERN 13

8. STÖRUNGSMELDUNG MIT QUITTUNG 15

9. STEUERUNG MIT TIMER 16

10. MISCHBETRIEB MIT SCHRITTKETTE 17



Das RI-Fließbild zeigt einen Vorratsbehälter für Kühlwasser. Die über das Regelventil (FC 09) versorgte Anlage benötigt ständig unterschiedliche Mengen an Kühlwasser. Die Pumpen P1 (K1) und P2 (K2) sollen so gesteuert werden, dass unter allen Betriebsbedingungen genügend Wasser im Behälter vorrätig ist. Um für den Fall nur geringer Wasserabnahme nicht ausschließlich auf eine leistungsstarke und damit netzbelastende Pumpe zurückgreifen zu müssen, wurden zwei Pumpen mit unterschiedlichen Förderleistungen eingebaut.

Der Abfluss aus dem Vorratsbehälter kann auf einen konstanten Wert (Schaltfläche „FEST“), einen veränderlichen, prozess-abhängigen Wert (Schaltfläche „VAR“) oder ausgeschaltet („NULL“) werden.

1. Betrieb der Anlage mit Handsteuerung:

Aufgabe 1.1:

Erproben Sie zunächst im Handbetrieb die Leistungsfähigkeit der Pumpen. Füllen sie hierzu den Behälter (V = 100 Liter) nur mit Pumpe1 bzw. nur mit Pumpe2. Messen Sie die benötigten Füllzeiten und tragen Sie diese in die Tabelle ein. Ermitteln Sie aus den Daten die Fördermengen der Pumpen.

Pumpen	Förderzeit bei einem Behältervolumen von V = 100L	Fördermengen der Pumpen
P1	50 sek	2 L/sek
P2	25 sek	4 L/sek

Aufgabe 1.2:

Schalten Sie den sich verändernden Abfluss ein. Versuchen Sie, immer einen genügenden Vorrat im Behälter zu belassen. Kontrollieren Sie die Änderungen des Füllstandes im Diagramm. Beobachten Sie die Schaltkontakte und Signale der Sensoren S5 bis S7.

2. Anzeige von Leer und Voll durch Leuchtmelder / Gatterschaltung

Die Leuchtmelder H1 und H2 sollen den Füllstand „Leer“, bzw. „Voll“ des Behälters anzeigen. Leuchtmelder H1 zeigt den Leer-Zustand an, wenn der Füllstand unterhalb des unteren Sensors liegt. Ist der Füllstand höher als der obere Sensor, zeigt H2 „Voll“ an. Aus Sicherheitsgründen sollen für beide Anzeigen jeweils alle drei Sensoren abgefragt werden.

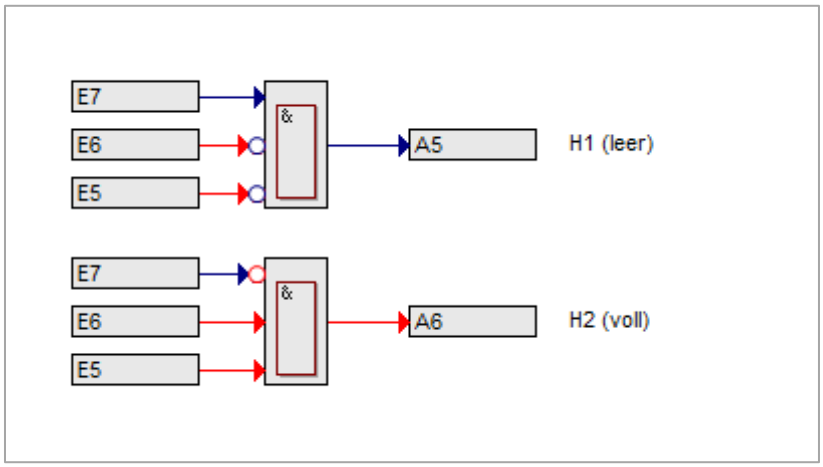
Aufgabe 2.1:

Entwickeln und erproben Sie die Schaltungen. Geben Sie die dazugehörenden Funktionsgleichungen an.

Hinweise:

- Für den Steuerungsentwurf dürfen nur Gatterschaltungen (UND, ODER, NICHT) mit beliebig vielen Eingängen verwendet werden.
- Die Taster S1 bis S4 werden in den Aufgaben 2.1 bis 3.2 nicht benutzt.
- Die Schaltpunkte der Füllstandssensoren können nachträglich (durch Anklicken der Kreissymbole) verändert werden.

Lösung



$$A5 = (\overline{E5} \wedge \overline{E6} \wedge E7)$$

$$A6 = (E5 \wedge E6 \wedge \overline{E7})$$

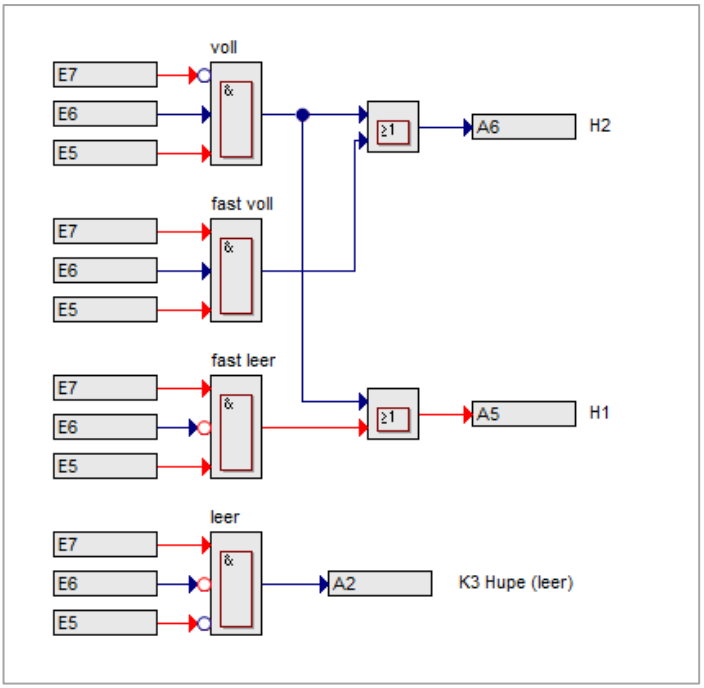
Aufgabe 2.2:

Entwickeln Sie eine Schaltung und Funktionsgleichung für die Leuchtmelder nach folgender Vorgabe:

Füllstand- Anzeige durch:

- oberhalb von LS+17 H1 und H2 leuchten
- zwischen LS+17 und LS+16 H2 leuchtet
- zwischen LS+16 und LS-15 H1 leuchtet
- unterhalb von LS-15 Hupe K3 an

Lösung



$$A2 = (.\overline{E5} \wedge \overline{E6} \wedge E7)$$

$$A5 = (E5 \wedge E6 \wedge \overline{E7}) \vee (E5 \wedge \overline{E6} \wedge E7)$$

$$A6 = (E5 \wedge E6 \wedge \overline{E7}) \vee (E5 \wedge E6 \wedge E7)$$

3. Anzeige eines Sensorfehlers / Gatter mit Vereinfachung

Bei einem Leitungsbruch an den Sensorverbindungen kann es zu fehlerhaften Anzeigen und damit zu Fehlbedienungen der Pumpen kommen. Unrealistische Kombinationen von Sensorsignalen weisen auf solche Störungen hin und könnten durch Überwachungsschaltungen erkannt und angezeigt werden.

Entwickeln und Erproben Sie eine Schaltung, die bei unrealistischen Kombinationen der Sensorsignale am Leuchtmelder H3 diesen „Sensorfehler“ anzeigt.

Aufgabe 3.1:

Füllen Sie zunächst die gesamte Funktionstabelle aus. Tragen Sie unter „Füllstand“ ein, welchen Zustand die jeweilige Kombination anzeigt. Kennzeichnen Sie die „Sensorfehler“.

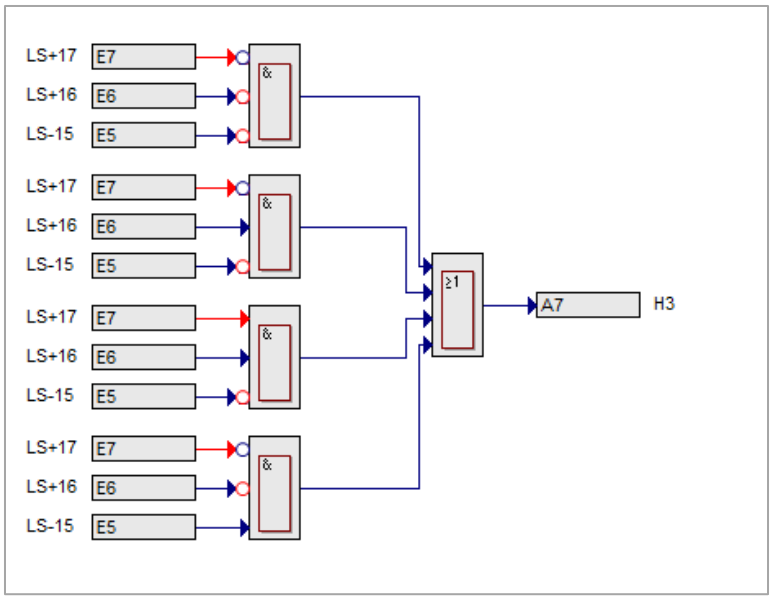
Lösung

E5	E6	E7	Füllstand	Sensorfehler	K3 A2	H1 A5	H2 A6	H3 A7
0	0	0		Fehler !	0	0	0	1
0	0	1	Leer		1	0	0	0
0	1	0		Fehler !	0	0	0	1
0	1	1		Fehler !	0	0	0	1
1	0	0		Fehler !	0	0	0	1
1	0	1	fast leer		0	1	0	0
1	1	0	voll		0	1	1	0
1	1	1	fast voll		0	0	1	0
0	0	0		Fehler !	0	0	0	1
0	0	1	Leer		1	0	0	0

Aufgabe 3.2:

Entwickeln Sie die Schaltung und die Funktionsgleichung für die Anzeige eines Sensorfehlers durch Leuchtmelder H3. Überprüfen Sie die Schaltung, indem Sie Sensorfehler simulieren (Schaltfläche!).

Lösung

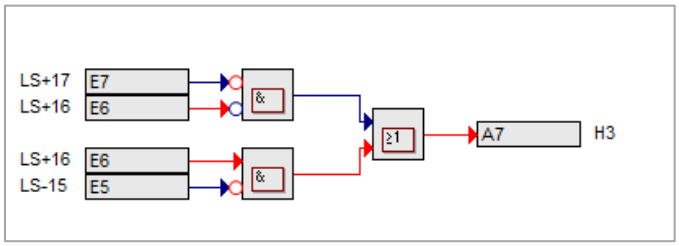


Aufgabe 3.3:

Vereinfachen Sie nach Möglichkeit die Schaltung.

(Nutzen Sie hierzu z.B. ein KV-Diagramm.)

Lösung



4. Pumpensteuerung mit Gattern

Die füllstandabhängige Steuerung der Zuflussmenge soll durch eine Schaltung automatisiert erfolgen. Die Bedingungen für den Betrieb der Pumpen P1 und P2 sind folgendermaßen festgelegt:

- oberhalb von LS+17, keine Pumpe
- zwischen LS+17 und LS+16, Pumpe P1
- zwischen LS+16 und LS-15, Pumpe P2
- unterhalb von LS-15, Pumpe P1 und P2

Aufgabe 4.1:

Tragen Sie in die Funktionstabelle ein, bei welchen Sensorsignalen P1 bzw. P2 eingeschaltet ist und geben Sie die Funktionsgleichungen an.

E5	E6	E7	P1 A0	P2 A1
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0

Lösung

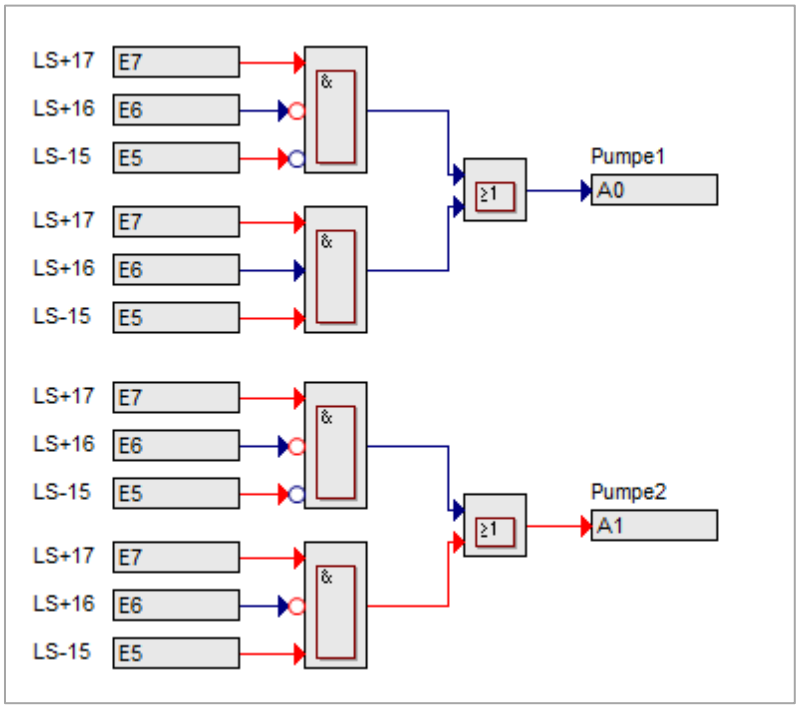
$$A0 = (\overline{E5} \wedge \overline{E6} \wedge E7) \vee (E5 \wedge E6 \wedge E7)$$
$$A1 = (\overline{E5} \wedge \overline{E6} \wedge E7) \vee (E5 \wedge \overline{E6} \wedge E7)$$

Aufgabe 4.2:

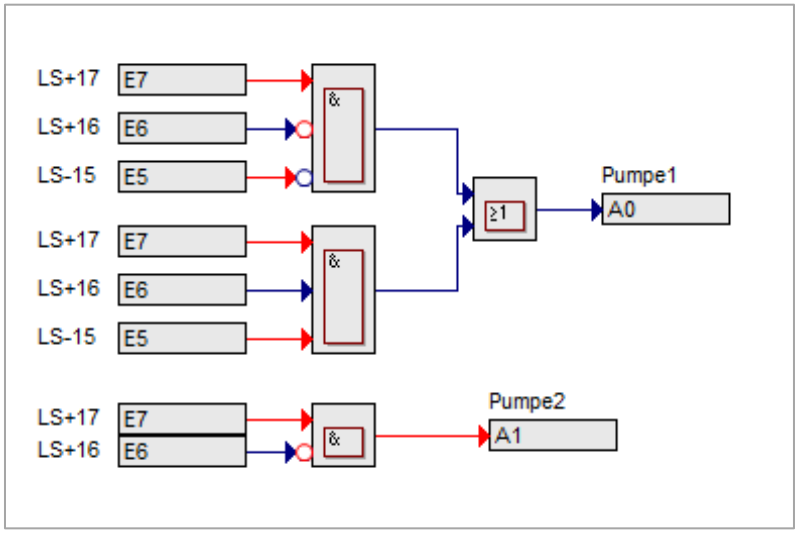
Entwickeln Sie die Pumpensteuerung. Nutzen Sie eventuelle Möglichkeiten der Vereinfachung und erproben Sie die Lösung.

Lösung

Pumpensteuerung ohne Vereinfachung



Pumpensteuerung mit Vereinfachung



Aufgabe 4.3:

Erproben Sie die Steuerung während der konstanten (Schaltfläche „FEST“) Flüssigkeitsentnahme aus dem Behälter. Beschreiben Sie eventuelle Probleme oder ungünstige Betriebsweisen.

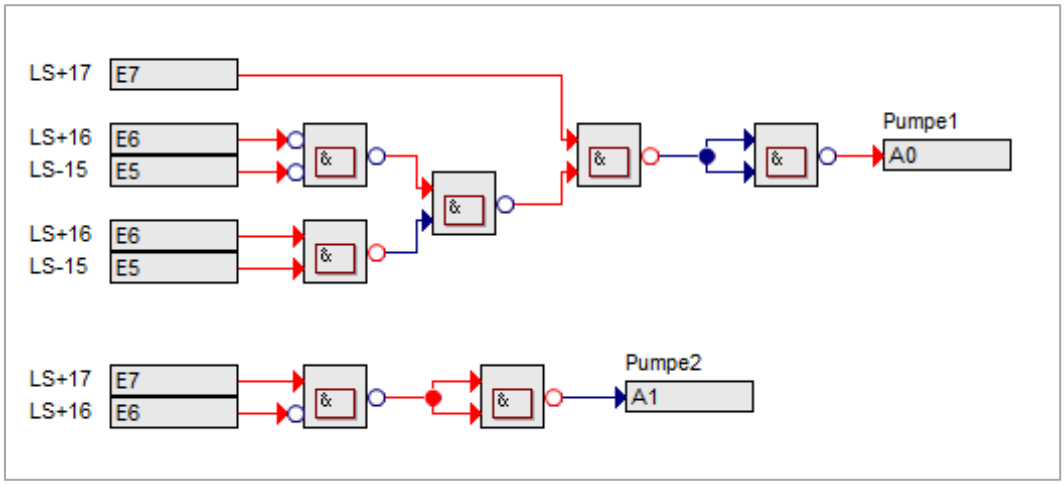
Lösung

Problem: Hohe Schalthäufigkeit der Pumpe P1 bei Erreichen des Sensors LS-15.

Zusatzaufgabe:

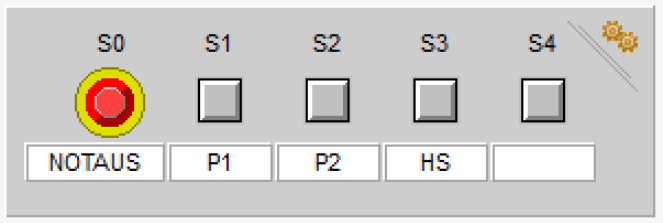
Die entwickelte Pumpensteuerung soll später mit IC’s realisiert werden. Um nicht zu viele (und verschiedene) IC’s einsetzen zu müssen, ist es sinnvoll, nur eine Gatterart (z.B. NAND‘s) beim Schaltungsentwurf einzuplanen. Zeichnen Sie die erprobte Schaltung so um, dass ausschliesslich NAND’s mit 2 Eingängen (wie beim IC 7400) verwendet werden. Versuchen Sie, möglichst wenige IC’s einzusetzen.

Lösung



5. Bedienelemente mit Öffner, bzw. Schließer

In dem Bedienfeld sind 5 Bedienelemente (Schalter bzw. Taster) verfügbar. Über das „Werkzeugsymbol“ kann die Wirkungsweise von S0 bis S4 verändert werden.



Für die Steuerung sollen diese Bedienelemente zusammen mit den Füllstandsensoren eingesetzt werden. Stellen Sie sicher, dass die Funktionen in der Simulation der unten dargestellten Tabelle entsprechen.

Bedienelement	Beschriftung	Rast-Schalter	Taster	Öffner	Schließer
S0	NOTAUS	x		x	
S1	P1	x			x
S2	P2	x			x
S3	HS	x			x
S4					

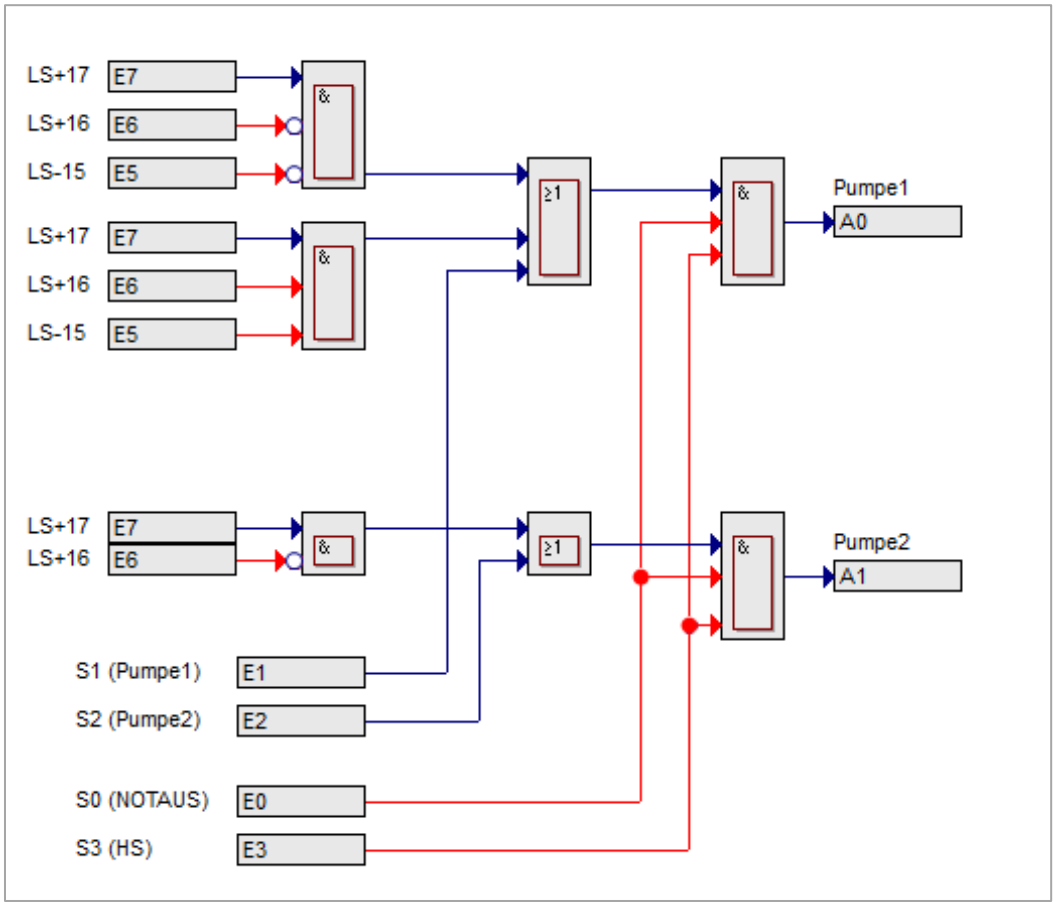
Die Bedienelemente sollen für die beschriebenen Aufgaben eingesetzt werden:

- Die Pumpen können nur in Betrieb genommen werden, wenn der Hauptschalter HS eingeschaltet ist.
- Wird der NOTAUS-Schalter betätigt, so rastet er ein und schaltet alle Aktoren aus.
- Bei eingeschaltetem Hauptschalter und nicht betätigtem NOTAUS können die Pumpen zusätzlich (zur automatischen Steuerung) von Hand über die Schalter S1 und S2 einzeln eingeschaltet werden.

Aufgabe 5.1:

Erweitern Sie die Schaltung aus Aufgabe 4.2 entsprechend den oben beschriebenen Funktionen.

Lösung



6. Steuerung mit Tasterbetrieb / Einführung RS-Speicher

Die Bedienung der Pumpensteuerung soll auf Tasterbetrieb umgestellt werden. Hierzu müssen die Funktionen und Bezeichnungen der Bedienelemente entsprechend der folgenden Tabelle verändert werden.

Bedienelement	Beschriftung	Rast-Schalter	Taster	Öffner	Schließer
S0	NOTAUS	x		x	
S1	START		x		x
S2	STOP		x		x
S3	HS	x			x
S4					

Die Bedienungsteil der Steuerung soll zunächst isoliert von der Pumpensteuerung entwickelt werden.

Der bisher entwickelte Funktionsplan kann mithilfe des Markierungsrahmens aus der Werkzeugbox „auskommentiert“ werden.

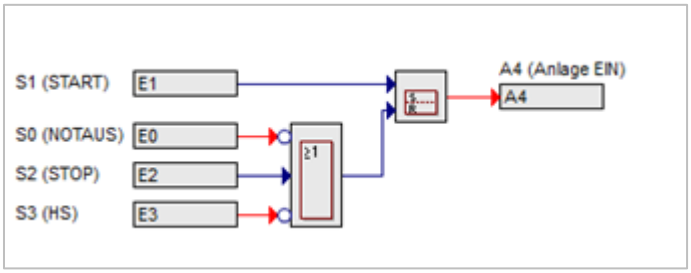
Aufgabe 6.1:

Folgende Funktionen sollen mit Gattern und RS-Speichern realisiert werden:

- Ohne eingeschalteten Hauptschalter HS bleibt die Anlage ausgeschaltet.
- Wird der NOTAUS-Schalter betätigt, ist die Anlage ebenfalls ausgeschaltet.
- Erst wenn bei eingeschaltetem HS die START-Taste betätigt wird, schaltet die Anlage ein.
- Der STOP-Taster schaltet jederzeit die Anlage aus.

Als Ausgang (Merker) für den Zustand „Anlage EIN“ kann ein nichtbenutzter Ausgang (z.B. A4) oder ein Merkersignal (M0 bis M7) verwendet werden.

Lösung



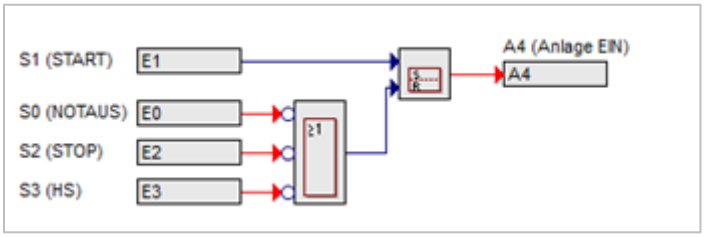
Aufgabe 6.2 Überprüfen Sie den Funktionsplan auf Betriebssicherheit:

- Besteht Wiedereinschaltschutz nach Spannungsausfall? **JA!**

- Ist jederzeit das Ausschalten der Anlage (HS, STOP, NOTAUS) gewährleistet? **JA!**

- Wie reagiert die Anlage auf Leitungsbruch (Simulation!) an den Bedienelementen?
  Leitungsbruch beim Hauptschalter: Anlage schaltet sofort aus!
  Leitungsbruch beim STOP-Taster: Anlage kann nicht mehr ausschalten!
  Leitungsbruch beim NOTAUS-Schalter: Anlage schaltet sofort aus!

- Sind Änderungen an den Bedienelementen und der Schaltung nötig? Welche?
  STOP-Taster als Öffner ausführen!



7. Pumpensteuerung mit Speichern und Gattern

Das Ein- und Ausschalten der Pumpen P1 und P2 soll durch Setzen und Rücksetzen von RS-Speichern erfolgen. Sind die Füllstände für die beiden Schaltbefehle unterschiedlich, so kann hierdurch eine zu hohe Schalthäufigkeit vermieden werden.

Das Ein- und Ausschalten der Pumpen soll nach folgender Beschreibung erfolgen:

Ist der Behälter bis über den obersten Sensor gefüllt, ist keine Pumpe in Betrieb.

- Sinkt der Füllstand unter LS+16, schaltet P2 ein.
- Fällt der Füllstand bis unterhalb des untersten Sensors, sind beide Pumpen in Betrieb.
- Steigt der Füllstand bis über den mittleren Sensor, wird die Pumpe P1 ausgeschaltet.

Aufgabe 7.1:

Tragen Sie alle Kombinationen der Eingangssignale in die Funktionstabelle ein.

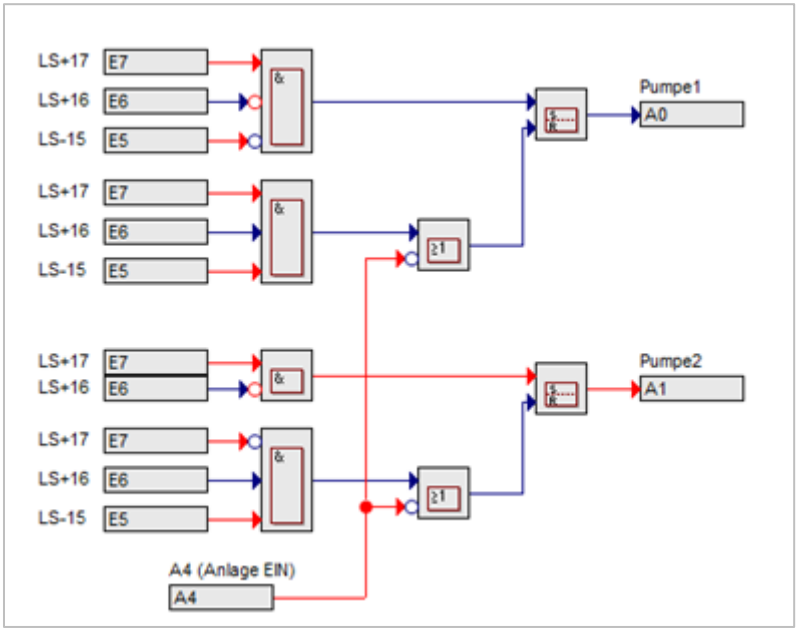
Kennzeichnen Sie in den Spalten P1, bzw. P2 durch Eintragen von S (Setzen) oder R (Rücksetzen) die Ein-, bzw. Ausschaltpunkte der Pumpen.

E5	E6	E7	P1 A0	P2 A1
0	0	0		
0	0	1	S	S
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		S
1	1	0		R
1	1	1	R	

Aufgabe 7.2:

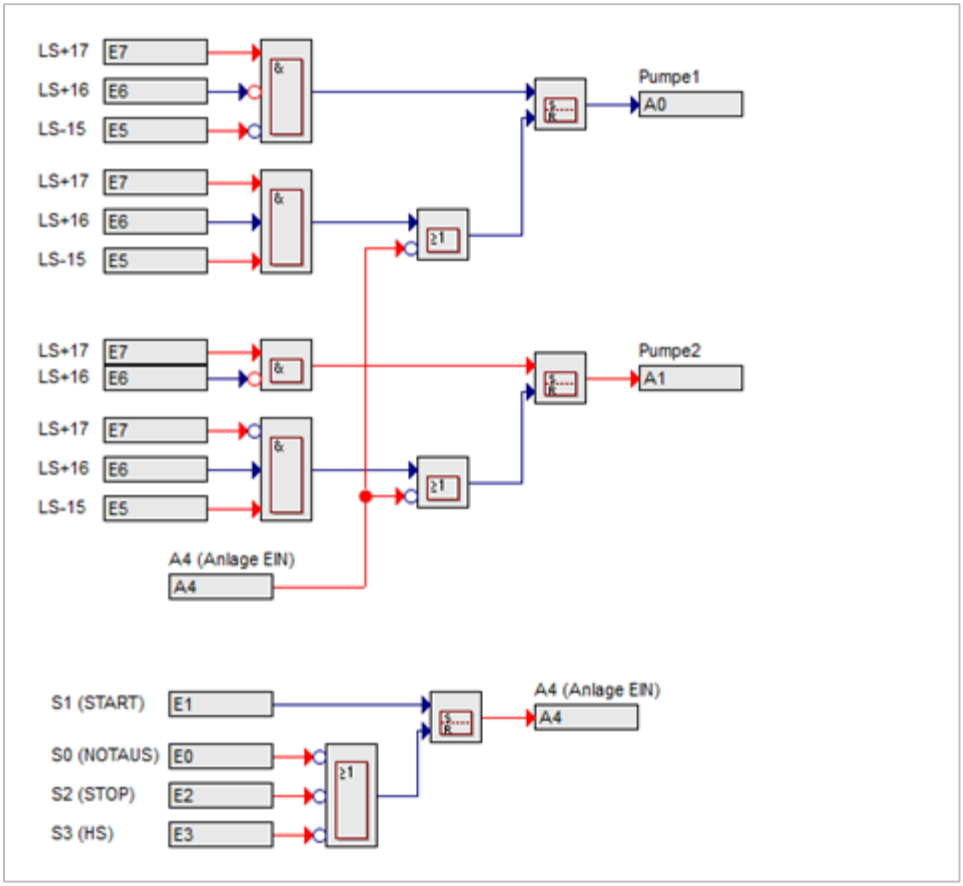
Entwickeln und erproben Sie die Schaltung.

Lösung



Aufgabe 7.3:

Erweitern Sie die Steuerung um den im Abschnitt 6 entwickelten Teil



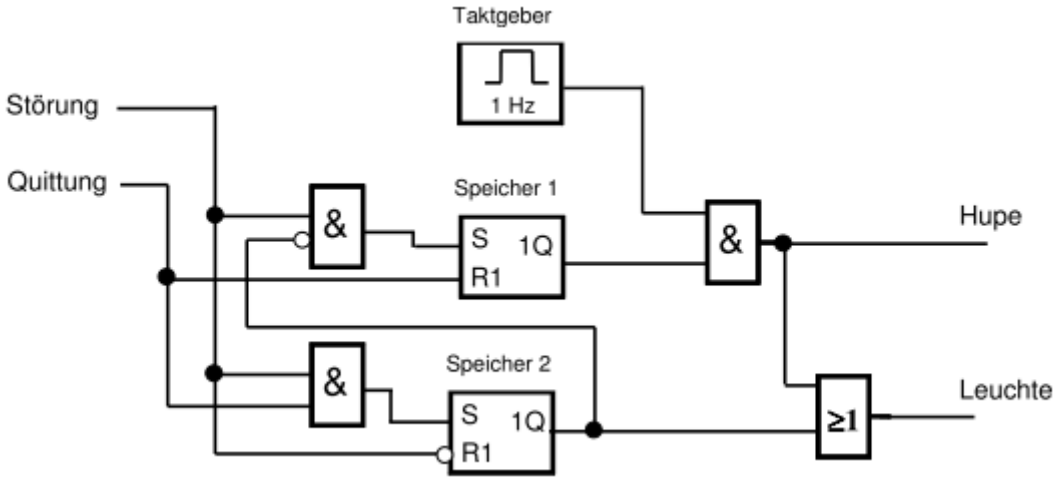
8. Störungsmeldung mit Quittung

Die gegebene Schaltung gibt im Störungsfall eine Alarmmeldung über Hupe und/oder Leuchtmelder. Über einen Taster kann die Meldung „quittiert“ werden.

Aufgabe 8.1:

Beschreiben Sie in der unteren Tabelle die Wirkungen auf die beiden Speicher, die Hupe und den Leuchtmelder, wenn

a) eine Störungsmeldung am Eingang „Störung“ eintrifft (Störung = „1“),
b) dieses Signal wieder beendet wird (Störung = „0“) und
c) anschließend eine Quittierung erfolgt (Quittung = „1“)



Lösungstabelle

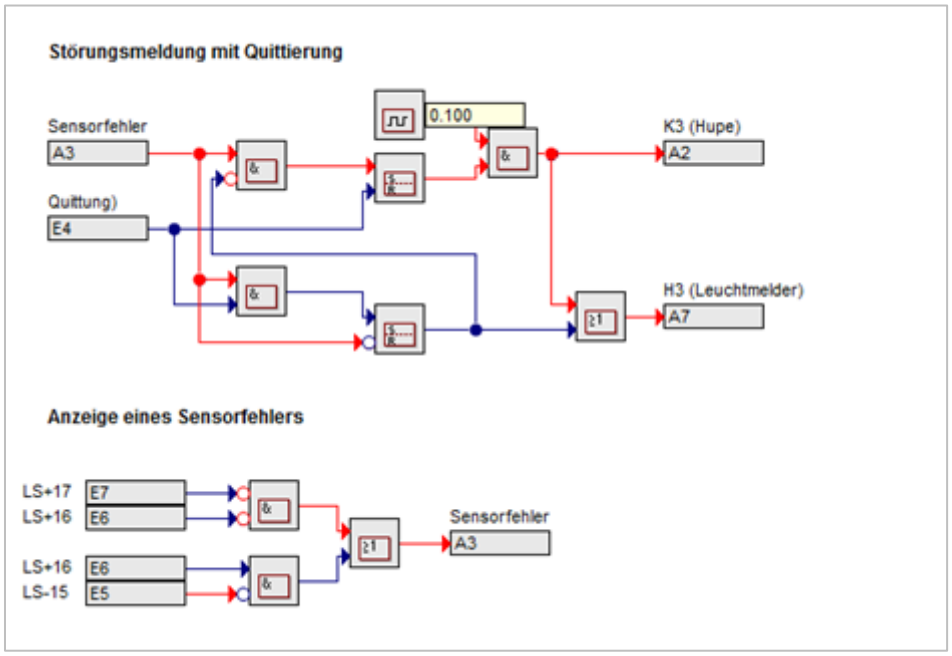
	Speicher 1	Speicher 2	Hupe	Leuchte
Aufgabe a	gesetzt	nicht gesetzt	hupt in Intervallen	blinkt
Aufgabe b	gesetzt	nicht gesetzt	hupt in Intervallen	blinkt
Aufgabe c	nicht gesetzt	nicht gesetzt	aus	aus

Aufgabe 8.2:

Erweitern Sie die in Abschnitt 3 entwickelte Schaltung zur Meldung eines Sensorfehlers um die oben dargestellte Funktion. Berücksichtigen Sie folgenden Vorgaben:

- Die Quittierung soll über den Taster S4 möglich sein.
- Die Alarmmeldung erfolgt über die Hupe K3 und den Leuchtmelder H3

Lösung



9. Steuerung mit Timer

Zur Vermeidung von Lastspitzen durch das gleichzeitige Einschalten beider Pumpen soll die Steuerung durch eine Zeitverzögerung erweitert werden.

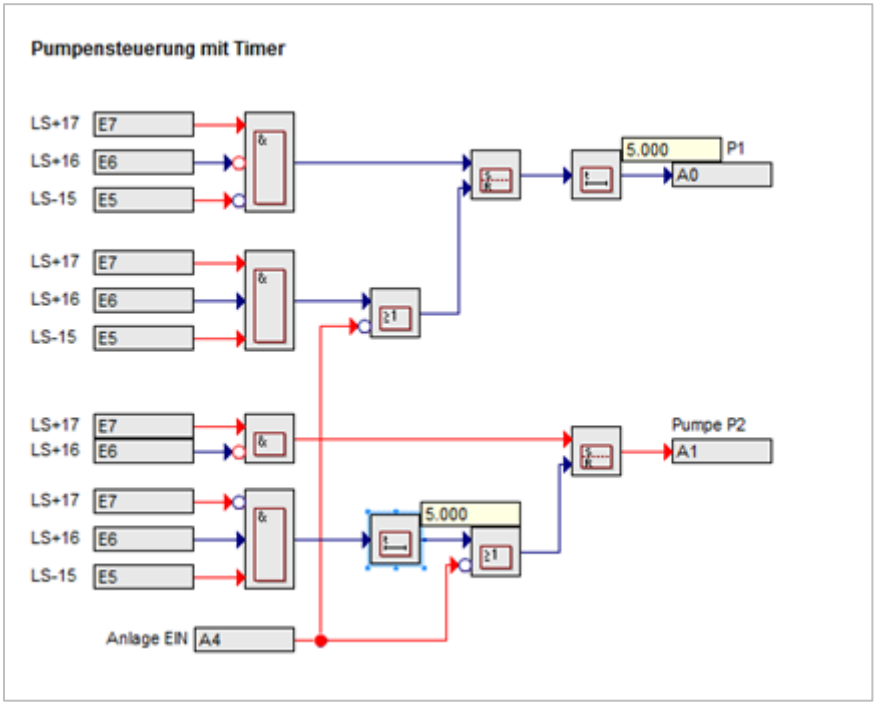
Aufgabe 9.1:

Da der Fall eintreten kann, dass gleichzeitig P1 und P2 eingeschaltet werden, wird durch einen Timer das Einschaltsignal für Pumpe P1 um 5 sek. verzögert. Verändern Sie die in Aufgabe 7.2 entwickelte Schaltung entsprechend diesen Bedingungen.

Aufgabe 9.2:

Der obere Sensor beschränkt die Füllmenge des Behälters auf 80%. Durch eine Zeitsteuerung soll sichergestellt werden, dass während des Füllvorgangs das Abschalten der Pumpe P2 erst bei ca. 95% Füllung erfolgt.

Lösung



10. Mischbetrieb mit Schrittkette

Der Vorratsbehälter soll für das automatische Abfüllen und Zusammenführen zweier Flüssigkeiten verwendet werden. Anschließend wird der Behälter manuell (Taste „FEST“) entleert. Folgende Schritte sollen nacheinander ausgeführt werden:

1) Über Pumpe P1 wird der Behälter bis zum Sensor LS+16 (40%) gefüllt.
2) Anschließend wird über P2 die Füllung bis LS+17 (80%) fortgesetzt.

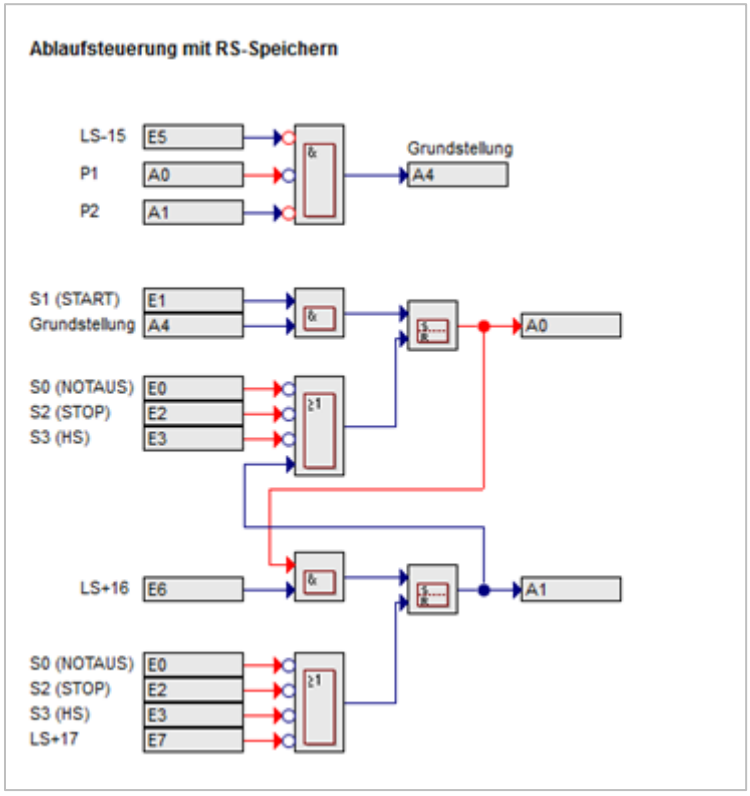
Die Schrittkette soll folgende weitere Bedingungen erfüllen:

- Die Anlage kann nur bei betätigtem Hauptschalter HS betrieben werden.
- Der NOTAUS-Schalter schaltet alle Schritte und Aktoren aus.
- Befindet sich die Anlage in Grundstellung (alle Pumpen aus, Füllstand unterhalb von Sensor LS-15), so kann über den START-Taster der Ablauf gestartet werden. (Als Merker-Signal für das Erreichen der Grundstellung wird der Ausgang A4 gesetzt)
- Der STOP-Taster kann jederzeit die Schritte zurücksetzen und die Aktoren ausschalten.

Aufgabe 10.1:

Entwickeln Sie die oben beschriebene Schrittkette mit RS-Speichern.

Lösung



Aufgabe 10.2:

Verwenden Sie für den Funktionsplan der Schrittkette die Symbole für Ablaufsteuerungen.

Sollte mithilfe von GRAFCET umgesetzt werden!