

AN038**Application Note zu MODULAR-4/486****Echtzeit PID-Digitalregler mit MODULAR-4/486 Karten.**

Autor: MH/HK

AN038.DOC (16 Seiten)

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines	2
1.1. Dateien auf der Originaldiskette	2
2. Funktionsbeschreibung	3
3. Reglerkoeffizienten	6
4. Meßbereiche	7
4.1. Eingangsmodule	7
4.2. Ausgangsmodule	8
5. Parameter des Reglers	9
6. Prozeduren	13
7. Inbetriebnahme des Reglers, Beispiele	14
7.1. Beispiel 1	14
7.2. Beispiel 2	15

1. Allgemeines

1.1. Dateien auf der Originaldiskette

Auf der Originaldiskette bzw. im Verzeichnis „SORCUS\ML8\PID“ finden Sie neben der PID-Reglertask und einer README.DOC Datei verschiedene andere Dateien. Folgende Dateien sollten Sie auf der mitgelieferten Diskette finden:

Dateiname	Beschreibung
README.DOC	Hinweise, die nicht mehr in diese Beschreibung aufgenommen werden konnten.
M8P0325.EXE	Multitasking-fähiger und mehrfach installierbarer Echtzeitregler für MODULAR-4/486 Karten.
PID8.INS	Beispiel einer Installationsdatei zur Installierung eines Reglers mit SNW ¹ .

¹ SNW ist ein Hilfs- und Testprogramm, welches zu jeder MODULAR-4 Karte mitgeliefert wird.

2. Funktionsbeschreibung

In vielen Fällen der Prozeßautomatisierung kommen Regler zum Einsatz. Die am meisten verbreiteten parameteroptimierten Regler haben P-, PI- oder PID-Verhalten.

Wünschenswert wäre es, solche analogen Regler durch Digitalrechner, wie z.B. MODULAR-4 oder Multi-LAB/2 Karten, zu ersetzen. Man kann dann auf Erfahrungen mit analogen Reglern zurückgreifen und die bekannten Einstellregeln für die Reglerparameter verwenden. Abb. 1 zeigt den typischen Aufbau eines Regelsystem mit einer MODULAR-4/486 oder Multi-LAB/2 Karte.

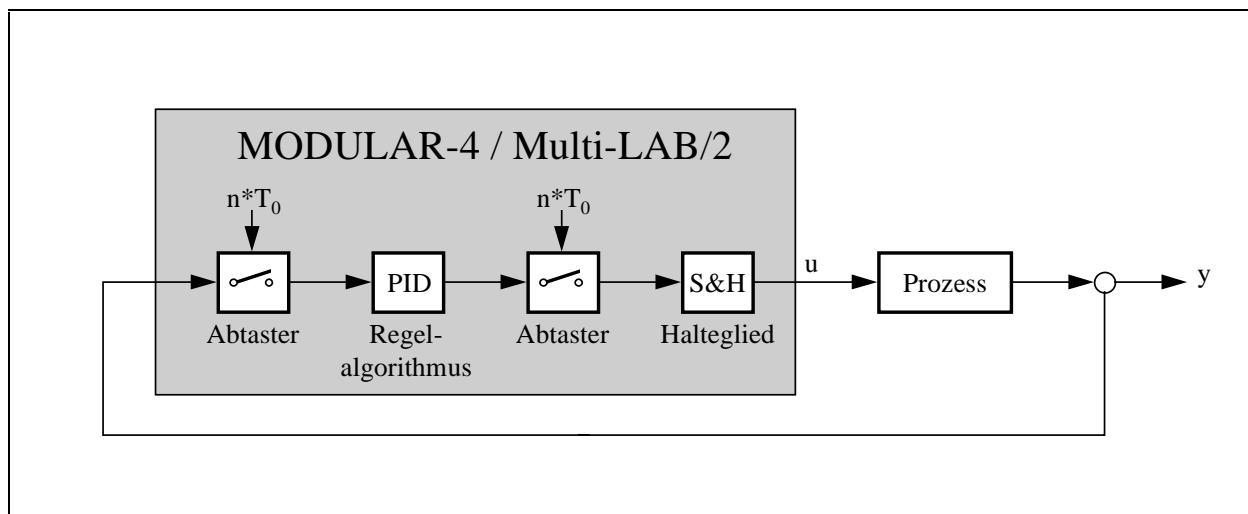


Abb. 1: Blockschaltbild eines Regelkreises

Der PID-Regler kann ohne Änderung als NI-, II- oder TI-Task auf MODULAR-4/486 Karten laufen:

- Bei der Installation des Programms als TI-Task wird das Eingangssignal mit einer einstellbaren Abtastrate abgetastet.
- Darüber hinaus kann das Programm als II-Task unter einem beliebigen Interrupt installiert werden. Bei der Verwendung von externen Interrupts läßt sich der Abtasttrigger auch über einen externen Eingang einspeisen, so daß mit jedem Impuls an diesem Eingang ein Regelungszyklus (= Einlesen des Eingangssignals ➔ Berechnung des neuen Ausgangswertes ➔ Ausgabe des neuen Ausgangswertes) durchgeführt wird.
- Bei einer Installation des Programms als NI-Task erfolgt die Abtastung über einen Prozeduraufruf der Task. Das heißt, erst durch Aufrufen einer bestimmten Prozedur des Reglers (z. B. von einer anderen Task oder vom PC aus) wird ein Regelungszyklus angestoßen. Die NI-Task selbst wird nach dem Installieren nicht aktiviert.

Unabhängig vom Tasktyp, unter dem der Regler installiert wird, können beliebig viele Regler auf einer Karte installiert werden. Dabei muß der Programmcode jedoch nur einmal auf die Karte übertragen werden. Das Programm ist reentrant.

Die folgende Tabelle zeigt im Detail, wie der PID-Regler installiert werden kann.

Task-Typ	Abtastquelle	Interrupt-Nummer	Installierungs-Flags
TI-Task	Zyklisch, mit durch OSX einstellbarer Abtastfrequenz (Timer-C)	93h	098bh
II-Task	IRQ-A	7bh	0989h
	IRQ-B	7ch	
	IRQ-C	7dh	
	IRQ-D	7eh	
	IRQ-E	7fh	
	IRQ-F	79h	
	IRQ-G	95h	
	IRQ-H	96h	
	TIMER-A	91h	
	TIMER-B	92h	
	TIMER-C	93h	
NI-Task	Prozedur-Aufruf	keine	0988h

Die Task, unter der der Regler installiert wird, benötigt keinen Datenbereich auf der MODULAR-4/486 Karte.

Die meisten SPB-Module werden standardmäßig unterstützt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Ein- und Ausgangswerte von beliebigen anderen Tasks zu verwenden. Dadurch ist zum Beispiel auch eine mehrfache Kaskadierung oder eine Einbindung von nicht standardmäßig unterstützten Modulen problemlos möglich.

Der Regler arbeitet intern mit einem sogenannten „rekursiven“ Algorithmus“, der gegenüber anderen Algorithmen sehr schnell ist und zusätzlich eine stoßfreie Umschaltung auf einen anderen Parametersatz ermöglicht. Folgende Abtastraten können mit den verschiedenen MODULAR-4/486 Karten erreicht werden:

MODULAR-4	/486DX, 33 MHz	/486DX-2, 66 MHz	/486DX-4, 120 MHz	/586
Abtastrate:	12,5 kHz	22,7 kHz	27,7 kHz	tbd

Die besonderen Eigenschaften des Reglers in Stichpunkten:

- Sehr schneller PID-Regel-Algorithmus (ca. 20 kHz bei MODULAR-4/486DX-2)
- Lauffähig auf allen Versionen der MODULAR-4/486 Karte
- Mehrfach installierbar. Dadurch besteht die Möglichkeit der Kaskadierung von mehreren Reglern. Der Programmcode wird dabei nur einmal auf der MODULAR-4/486 Karte installiert (reentrant)
- Installierbar als NI-, II- oder TI-Task
- Digitales Eingangsfiler durch optionale Mittelung von eingehenden Ist-Werten. Störungen wie Rauschen oder Ausreißer lassen sich damit unterdrücken
- Einstellbare Grenzen für das Eingangssignal des Reglers (siehe Abb. 2)
- Einstellbare Grenzen für das Ausgangssignal des Reglers (siehe Abb. 2)
- Begrenzung der maximalen Änderung des Ausgangssignals (siehe Abb. 3)

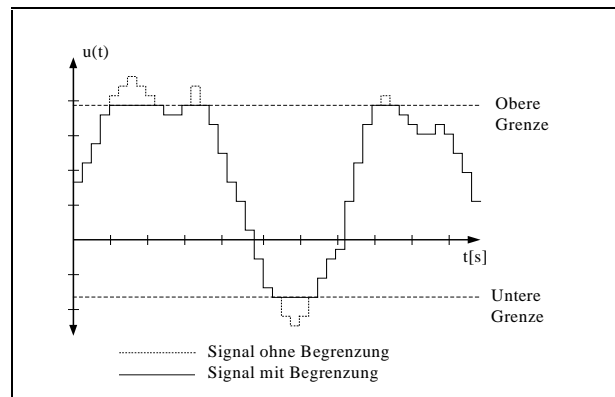


Abb. 2: Begrenzung des Ein- und Ausgangssignals

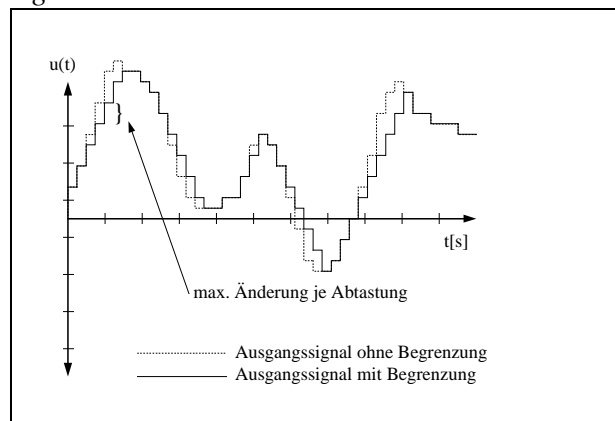


Abb. 3: Begrenzung der max. Änderung

3. Reglerkoeffizienten

Nach DIN 19226 werden die einzelnen Parameter eines PID-Reglers wie folgt bezeichnet:

- K = **Verstärkungsfaktor**
 T_i = **Integrierzeit**. Sie wird auch als **Nachstellzeit** bezeichnet.
 T_d = **Differenzierzeit**. Sie wird auch als **Vorhaltezeit** bezeichnet.
 y = **Ausgangssignal** des Reglers. Das Signal wird auch als **Stellgröße** bezeichnet.
 u = **Eingangssignal** des Reglers. Das Signal wird auch als **Regelgröße** bezeichnet.
 w = **Sollwert**. Wird auch als **Führungsgröße** bezeichnet.

Mit Hilfe dieser Angaben müssen sogenannte Reglerkoeffizienten berechnet werden, die dann an den Regler übergeben werden. Die Koeffizienten werden wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= INT \left[1024 \cdot K \cdot \left(1 + \frac{T_d}{T_0} \right) \right] \\
 Q_1 &= INT \left[-K \cdot 1024 \cdot \left(1 + \frac{2 \times T_d}{T_0} - \frac{T_0}{T_i} \right) \right] \\
 Q_2 &= INT \left[K \cdot 1024 \cdot \frac{T_d}{T_0} \right]
 \end{aligned}$$

INT = Ganzzahliger Anteil; T_0 , T_d und T_i in Sekunden

Hinweis: Bei der Wahl der Parameter muß darauf geachtet werden, daß die Abtastrate T_0 relativ klein zur eingestellten Nachstellzeit bzw. Vorhaltezeit gewählt wird.

Die Regler mit z.B. P- oder PI-Verhalten ergeben sich aus dem PID-Regler durch Parametrieren der entsprechenden Anteile.

4. Meßbereiche

Je nach eingesetztem SPB-Modul werden unterschiedliche Eingangswerte an den Regler übergeben bzw. vom Regler in das Ausgangsmodul geschrieben. Dabei wird einheitlich das Integer-Format verwendet. Sämtliche einzustellenden Werte wie Führungsgröße oder Grenzwerte beziehen sich auf diese Integer-Werte. Die folgende Tabelle zeigt Ihnen, in welchen Bereichen die unterschiedlichen SPB-Module arbeiten, so daß Sie die Führungsgröße und die Grenzwerte korrekt einstellen können.

4.1. Eingangsmodule ²

Meßwert	M-AD12-16 Bipolar z.B. $\pm 5V$	M-AD12-16 Unipolar z.B. 0 bis 5V	M-AD12-16 Unipolar-neg. z.B. 0 bis -5V	M-AD16-4 alle Bereiche	M-5B-1/U alle Bereiche	M-INC-3	Task
$2^{31} - 1$	-	-	-	-	-	-	$2^{31} - 1$
65535	-	-	-	-	-	65535	
32767	-	-	-	32767	-	-	
4188	-	4188	-	-	-	-	
4095	-	-	-	-	4095	-	
2140	2140	-	-	-	-	-	
2047	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	31	-	-	-	
0	-	-	-	-	0	0	
-32	-	-32	-	-	-	-	
-2048	-	-	-	-	-	-	
-2080	-2080	-	-	-	-	-	
-4095	-	-	-	-	-	-	
-4188	-	-	-4188	-	-	-	
-32768	-	-	-	-32768	-	-	
-2^{31}	-	-	-	-	-	-	

² Die grau hinterlegten Wertebereiche treten bei den entsprechenden Eingangsmodulen bzw. Meßbereichen nicht auf.

Ein M-5B-1/U Modul liefert demnach also unabhängig vom Eingangsbereich (± 5 Volt oder 0 bis 5 Volt) immer Ergebnisse zwischen 0 und 4095 zurück, z.B. im Bereich ± 5 Volt:

0 = -5 Volt, 4095 = +5 Volt

Beachten Sie bitte, daß der Algorithmus des Reglers in 32-Bit Integer Arithmetik implementiert ist, wobei Überläufe nicht (!) abgefangen werden. Bei der Übernahme der Eingangsdaten von einer anderen Task ist dieses Verhalten unbedingt zu berücksichtigen (z.B. durch entsprechendes Einstellen der Eingangs-Grenzwerte). Bei der Verwendung der SPB-Module tritt dieses Problem nicht auf, da die Eingangswerte hinreichend klein sind.

4.2. Ausgangsmodule³

Meßwert	M-DA4-2	M-DA16-2	M-5B-1	Task
$2^{31} - 1$	-	-	-	$2^{31} - 1$
32767	-	32767	-	
4095	4095		4095	
2047				
1				
0	0		0	
-1	-		-	
-2048	-		-	
-4095	-		-	
-32768	-	-32768	-	
-2^{31}	-	-	-	-2^{31}

³ Die grau hinterlegten Wertebereiche treten bei den entsprechenden Modulen bzw. Meßbereichen nicht auf.

5. Parameter des Reglers

Definition:

Word	= Vorzeichenloser 16-Bit Integer Wert
Dword	= Vorzeichenloser 32-Bit Integer Wert
Int	= Vorzeichenbehafteter 16-Bit Integer Wert
Dint	= Vorzeichenbehafteter 32-Bit Integer Wert

Nr.	Init	Typ	Funktion
0	0	Word	Status: 00h = Programm bereit 01h = Programminitialisierung läuft 02h = Programm läuft 03h = Programm angehalten 04h = Berechnung läuft Fehlermeldungen: 80h = Das angegebene Eingangs-Modul wurde auf dem eingestellten Steckplatz nicht entdeckt. 81h = Das angegebene Ausgangs-Modul wurde auf dem eingestellten Steckplatz nicht entdeckt. 82h = Die Grenzen des Eingangsbereichs sind nicht korrekt eingestellt, z.B. obere Grenze ist kleiner als untere Grenze. 83h = Die Grenzen des Ausgangsbereichs sind nicht korrekt eingestellt, z.B. obere Grenze ist kleiner als untere Grenze. 84h = Angegebener Modultyp für Regelgröße wird nicht unterstützt. 85h = Angegebener Modultyp zum Stellgröße wird nicht unterstützt. 86h = Programm wurde unter einem falschen Tasktyp installiert. 87h = Funktionsaufruf liefert Fehler.
2	0	DWord	Abtastrate des Reglers in Vielfachen von 10µs (Dieser Parameter wird nur bei Installation als II-Task unter einem der Timer A, B oder C, oder bei Installation als TI-Task ausgewertet).
6	0	DInt	Reglerkoeffizient Q_0.
10	0	DInt	Reglerkoeffizient Q_1.
14	0	DInt	Reglerkoeffizient Q_2.
18	0	DInt	Führungsgröße des Reglers.

Nr.	Init	Typ	Funktion
22	$2^{31} - 1$	DInt	Obere Grenze der Regelgröße.
26	-2^{31}	DInt	Untere Grenze der Regelgröße.
30	32767	DInt	Obere Grenze der Stellgröße.
34	-32768	DInt	Untere Grenze der Stellgröße.
38	65535	Word	Maximal zulässiger Sprung der Stellgröße.
40	0	Word	<p>Anzahl Mittelungen der Regelgröße. Durch die Mittelung der Regelgröße lassen sich Störungen auf dem Eingangssignal filtern. Die Abtastung der einzelnen zu mittelnden Werte erfolgt mit der eingestellten Abtastrate.</p> <p>Anzahl Mittelungen = 2 ^{eingetragener Wert für Parameter 40}</p>
42	2	Word	Steckplatz des Eingangsmoduls oder Nummer der Task, von dem die Regelgröße gelesen wird.
44	39	Word	<p>Quelle der Regelgröße.</p> <p>20 = SPB-Modul M-5B-1/U 28 = SPB-Modul M-INC-3 39 = SPB-Modul M-AD12-16 43 = SPB-Modul M-AD16-4</p> <p>0 = Es werden 4 Byte (vorzeichenbehafteter 32-Bit Integer Wert) einer Task (Parameter 42) ab der angegebenen Parameternummer (Parameter 46) ausgelesen.</p> <p>1 = Es wird eine Funktion (Parameter 46) einer Task (Parameter 42) aufgerufen, wobei 4 Byte (vorzeichenbehafteter 32-Bit Integer Wert) von der Funktion zurückgeliefert werden müssen.</p>
46	0	Word	<p>Kanal/Parameternummer/Funktionsnummer</p> <p>Besonderheiten:</p> <p>M-AD12-16: 0 bis 15: Massebezogene Eingänge (AIN-0 bis AIN-15) 16 bis 23: Differenz-Eingänge AIN-0 bis AIN-7</p> <p>Parameter einer Task: Wird der Parameter einer Task als Regelgröße verwendet, so muß hier die Parameternummer (Low-Byte) stehen.</p> <p>Funktion einer Task: Soll die Regelgröße über einen Funktionsaufruf ermittelt werden, so ist hier die Funktionsnummer anzugeben.</p>

48	0	Word	<p>Konfiguration des Eingangsmoduls</p> <p>M-AD12-16: 0 = +/- 10 Volt, 1 = +/- 5 Volt, 2 = +/- 2,5 Volt, 3 = +/- 1,25 Volt, 4 = +/- 0,625 Volt, 5 = +/- 0,3125 Volt, 6 = 0 - 10 Volt, 7 = 0 - 5 Volt, 8 = 0 - 2,5 Volt, 9 = 0 - 1,25 Volt, 10 = 0 - 0,625 Volt, 11 = -10 - 0 Volt, 12 = -5 - 0 Volt, 13 = -2,5 - 0 Volt, 14 = -1,25 - 0 Volt, 15 = -0,625 - 0 Volt</p> <p>M-5B-1/U: 0 = +/- 5 Volt, 1 = 0 - 5 Volt</p> <p>Bei allen anderen Devices wird dieser Parameter nicht ausgewertet.</p>
50	0	Word	Dieser Parameter wird nur bei Verwendung eines SPB-Modules M-5B-1/U ausgewertet. Er enthält die Settle-Time (in Vielfachen von 10µs), die nach dem Umschalten auf den Meßkanal gewartet werden muß, bis die Wandlung gestartet werden darf.
52	3	Word	Steckplatz des Ausgangsmoduls oder Nummer der Task , über den die Stellgröße ausgegeben werden soll.
54	9	Word	<p>Ziel für Stellgröße.</p> <p>9 = SPB-Modul M-DA4-2/4Ui 20 = SPB-Modul M-5B-1/U 29 = SPB-Modul M-DA16-2</p> <p>0 = Es werden 4 Byte (vorzeichenbehafteter 32-Bit Integer Wert) ab der angegebenen Parameternummer (Parameter 56) in den Parameterbereich der angegebenen Task (Parameter 52) geschrieben.</p> <p>1 = Es wird eine Funktion (Parameter 56) der angegebenen Task (Parameter 52) aufgerufen, wobei 4 Byte (vorzeichenbehafteter 32-Bit-Integer Wert) an die Funktion übergeben werden.</p>
56	0	Word	<p>Kanal/Parameter/Funktionsnummer</p> <p>Parameter einer Task: Wird der Parameter einer Task als Stellgröße verwendet, so muß hier die Parameternummer (Low-Byte) stehen.</p> <p>Funktion einer Task: Soll die Stellgröße über eine Funktionsaufruf ausgegeben werden, so ist hier die Funktionsnummer anzugeben.</p>

62	0	DInt	Hier kann ein Startwert für das Ziel der Stellgröße eingetragen werden. Während des Startens des Reglers wird dieser Wert z.B. in das Ausgangsmodul eingetragen. Solange der Regler läuft, wird hier die letzte ausgegebene Stellgröße eingetragen.
66	0	Word	Stellgröße nach Stop des Reglers auf den in Parameter 68 angegebenen Wert setzen? 0 = Nein, 1 = Ja
68	0	DInt	An dieser Stelle kann ein Wert angegeben werden, den der Regler nach dem Stop z.B. an das Ausgangsmodul überträgt.
82	0	DInt	Führungsgröße - Regelgröße Nach dem Start des Reglers wird dieser Wert ständig aktualisiert.
98	0	DWord	Tatsächlich eingestellte Abtastrate in Vielfachen von 10µs.

6. Prozeduren

Dem Anwender stehen neben den Parametern auch Prozeduren zur Steuerung des PID-Reglers zur Verfügung.

Prozedur 2 initialisiert und startet den Regler unter Verwendung der eingestellten Parameter. Der ordnungsgemäße Start kann durch Lesen des Parameters 0 (Status) überprüft werden. Falls das Programm als TI-Task oder als II-Task unter einem Timer installiert wurde, so wird der Regler mit Aufruf der Prozedur 2 gestartet und dann der angewählte Eingang des Reglers mit der eingestellten Abtastrate abgetastet.

Wurde das Programm als II-Task unter einem externen Interrupt installiert, so wird der entsprechende Interrupt demaskiert.

Prozedur 3 stoppt einen mit Prozedur 2 gestarteten Regler. Der Parameter 0 (Status) wird nach der ordnungsgemäßen Ausführung auf „Programm angehalten“ eingestellt.

Prozedur 4 initialisiert den Regler unter Verwendung der eingestellten Parameter. Der Regler wird jedoch nicht gestartet. Ein Aufruf der Prozedur 5 läßt den Regler einen einzelnen Regelungszyklus durchführen. So lassen sich zum Beispiel Simulationen schrittweise relativ einfach durchführen.

Prozedur Nr.	Beschreibung
2	Initialisiert und startet den Regler mit den eingestellten Parametern.
3	Stoppt den Regler.
4	Initialisiert den Regler mit den eingestellten Parametern. Der Regler wird jedoch nicht gestartet. Durch Aufruf der Prozedur 5 läßt sich ein einzelner Regelungszyklus durchführen.
5	Der Regler führt einen einzelnen Regelungszyklus durch. Siehe auch Prozedur 4.

7. Inbetriebnahme des Reglers, Beispiele

Im folgenden zeigen wir Ihnen prinzipiell die Inbetriebnahme des Reglers. Natürlich können wir nicht alle Konfigurationsmöglichkeiten berücksichtigen, so daß Sie gegebenenfalls Änderungen an den Beispielen vornehmen müssen, um Ihr spezielles Regelungsproblem zu lösen.

7.1. Beispiel 1

Die Regelgröße soll über einen Differenzeingang vom SPB-Modul M-AD12-16 auf Steckplatz 1 im Meßbereich ± 5 Volt eingelesen werden. Der Eingangsbereich soll nicht begrenzt werden. Es soll Kanal 0 verwendet werden.

Die Stellgröße soll über ein SPB-Modul M-DA4-2/4Ui auf Steckplatz 2 ausgegeben werden. Das Modul wurde vorher per Jumper auf einen Bereich von ± 5 Volt eingestellt. Der Ausgabebereich und die maximale Sprunghöhe der Stellgröße sollen nicht begrenzt werden. Es soll Kanal 0 verwendet werden.

Der Regler soll mit einer Abtastrate von 1 Hz arbeiten.

Reglerkoeffizienten: $T_i = 40s$, $T_d = 2,5s$, $K = 2$

Der Regler soll mit einer definierten Stellgröße von 0 Volt anfangen und den Ausgang nach dem Anhalten des Reglers auf 2,5 Volt einstellen.

Schritt 1: Laden und Installieren des Regler-Programms M8P0325.EXE (mittels SNW und der mitgelieferten Installationsdatei oder mit ML8BIB).

Schritt 2: Einstellen der Abtastrate (in Vielfachen von $10\mu s$): $1 \text{ Hz} = 1000000\mu s = 100000 * 10\mu s$
Parameter 2 = 100000

Schritt 3: Einstellen der Reglerkoeffizienten. Aufgrund der angegebenen Formeln ergeben sich folgende Koeffizienten:
Parameter 6 = 7168 ($= Q_0$)
Parameter 10 = -12236 ($= Q_1$)
Parameter 14 = 5120 ($= Q_2$)

Schritt 4: Setzen der gewünschten Führungsgröße in Parameter 18.

Schritt 5: Die Grenzen für Ein- und Ausgangswerte bzw. für die maximale Sprunghöhe der Stellgröße sind defaultmäßig so parametrisiert, daß sie keinen Einfluß haben, so daß dafür keine Einstellungen notwendig sind.

Schritt 6: Einstellungen für das Eingangsmodul:
Parameter 42 = 1 (= Steckplatz/Tasknummer)
Parameter 44 = 39 (= Typ des SPB-Moduls)
Parameter 46 = 16 (= Kanalnummer (Differenzkanal 0))
Parameter 48 = 1 (= Eingangsbereich ± 5 Volt)

- Schritt 7: Einstellungen für das Ausgangsmodul:
Parameter 52 = 2 (= Steckplatz/Tasknummer)
Parameter 54 = 9 (= Typ des SPB-Moduls)
Parameter 56 = 0 (= Kanalnummer/Parameter Nummer)
- Schritt 8: Anfangswert des Reglers auf 0 Volt einstellen. 0 Volt entspricht 2047.
Parameter 62 = 2047
- Schritt 9: Definierte Stellgröße nach dem Stoppen des Reglers einstellen. 2,5 Volt entspricht 3072:
Parameter 66 = 1
Parameter 68 = 3072
- Schritt 10: Starten des Reglers durch Aufruf der Prozedur 2.

7.2. Beispiel 2

Im zweiten Beispiel soll die Regelgröße von einem selbstgeschriebenen Echtzeitprogramm, das zusätzlich zu dem Reglerprogramm auf der MODULAR-4/486 Karte installiert wurde, gelesen werden. Das Programm wurde unter der Tasknummer 150 installiert. Die zu verwendenden Daten stehen im Integerformat im Parameter 10 dieses Programms zur Verfügung.

Die Stellgröße soll wiederum über ein SPB-Modul M-DA4-2/4Ui auf Steckplatz 2 ausgegeben werden. Das Modul wurde vorher per Jumper auf einen Bereich von ± 5 Volt eingestellt. Der Ausgabebereich soll zwischen -4,5 Volt und +3 Volt begrenzt werden. Es soll Kanal 0 verwendet werden.

Der Regler soll mit einer Abtastzeit von 1 Hz arbeiten.

Reglerkoeffizienten: $T_i = 40s$, $T_d = 2,5s$, $K = 2$

- Schritt 1: Laden und Installieren des Regler-Programms M8P0325.EXE (mittels SNW und der mitgelieferten Installationsdatei oder ML8BIB).
- Schritt 2: Einstellen der Abtastzeit (in Vielfachen von $10\mu s$): $1 \text{ Hz} = 1000000\mu s = 100000 * 10\mu s$
Parameter 2 = 100000
- Schritt 3: Einstellen der Reglerkoeffizienten. Aufgrund der angegebenen Formeln ergeben sich folgende Koeffizienten:
Parameter 6 = 7168 (= Q_0)
Parameter 10 = -12236 (= Q_1)
Parameter 14 = 5120 (= Q_2)
- Schritt 4: Setzen der gewünschten Führungsgröße in Parameter 18.
- Schritt 5: Grenzen der Stellgröße einstellen.
-4,5 Volt entspricht 204
+3 Volt entspricht 3277
Parameter 30 = 3277
Parameter 34 = 204

- Schritt 6: Einstellungen für das Eingangsmodul:
Parameter 42 = 150 (= Steckplatz/Tasknummer)
Parameter 44 = 0 (= Typ des SPB-Moduls)
Parameter 46 = 10 (= Kanalnummer/Parameternummer)
- Schritt 7: Einstellungen für das Ausgangsmodul:
Parameter 52 = 2 (= Steckplatz/Tasknummer)
Parameter 54 = 9 (= Typ des SPB-Moduls)
Parameter 56 = 0 (= Kanalnummer/Parameternummer)
- Schritt 8: Starten des Reglers durch Aufruf der Prozedur 2.