Softwarebeschreibung Modbus RTU

METZ CONNECT GmbH | Im Tal 2 | 78176 Blumberg | Deutschland
Tel. +49 7702 533-0 | Fax +49 7702 533-433 | info@metz-connect.com
Weitere Dokumentation siehe www.metz-connect.com

Inhaltsverzeichnis

Beschreibung der Standardsoftware der Modbus-RTU-Module:

Allgemein geltende Kommandos 3
MR-DO4 / MR-DOA4 6
MR-TO4 10
MR-DI4 / MR-DI4-IP 14
MR-DI10 15
MR-SI4 16
MR-DIO4/2 / MR-DIO4/2S / MR-DIO4/2-IP 22
MR-TP 37
MR-AO4 43
MR-AOP4 45
MR-AI8 47
MR-CI4 58
MR-AIO4/2-IP 59
MR-AIO4/4-IP 78
MR-SM4 99
MR-Multi I/O 12DI/7AI/2AO/8DO 106
MR-LD6 122

Allgemein geltende Kommandos

Bitrate einstellen über Modbus-Kommando

Parität und Bitrate haben die gleichen Werte wie bei der Einstellung über die Adressschalter.
Wenn Parität oder Bitrate 0 ist, erfolgt keine Einstellung und Speicherung.
Der Registerinhalt wird im EEPROM gespeichert.

Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register”
Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers”

Anforderung

Gültige Register Adresse 0x41 (65)
Gültiger Register Wert 2 Bytes

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x53								Parität				Bitrate			

Bit 15-8: Magic-Number 0x53 = 83 zum Schutz vor versehentlichem Schreiben.
Nur mit dieser Nummer wird das Kommando weiter ausgewertet.

Bit 7-4	1	2	3
Parität	even	odd	none

Bit 3-0	1	2	3	4	5	6	7	8
Bitrate	1200	2400	4800	9600	19200	38400	57600	115200

Rückmeldung

Echo der Anforderung

Beispiel für einen Frame:

Slave-Adresse	0x12	Drehschalter-Einstellung (18)
Funktion	0x06	Write Single Register
Register-Adresse Hi	0x00	
Register-Adresse Lo	0x41	Bitrate und Parität (65)
Register-Inhalt Hi	0x53	Magic-Number
Register-Inhalt Lo	0x15	Parity Even, 19200 Bit/s

Alle Geräte können mit einem Broadcast-Kommando (Slave-Adresse 0x00) gleichzeitig umgeschaltet werden. Davon wird aber abgeraten, weil es zu Problemen führen kann:

- Geräte von anderen Herstellern haben an dieser Adresse eventuell ein Register für einen anderen Zweck, das dann falsch bedient wird.
- Es gibt keine Rückmeldung der einzelnen Geräte. Die Steuerung kann also nicht sofort erkennen, ob das Kommando richtig angekommen ist.

Sicherer ist es, jedes Gerät einzeln anzusprechen und umzuschalten. Das Gerät antwortet dann noch mit der alten Einstellung von Parität und Bitrate. Erst danach wird umgeschaltet. Die Antwort kann bei gestörtem Bus allerdings verloren gehen.
Nach dem Umschalten aller Geräte sollte die Kommunikation überprüft werden. Dazu ist jede Funktion der Geräte geeignet, die eine Rückmeldung liefert. Wenn dafür eine einheitliche Funktion verwendet werden soll, die unabhängig von der Prozess-Peripherie ist, eignet sich die Funktion „Diagnostic“, Subfunktion „Return Query Data“, die die gesendeten Daten zurück schickt.
Wenn bei einem Gerät nicht bekannt ist, welche Bitrate und Parität eingestellt ist, kann man es nacheinander mit allen Kombinationen von Bitrate und Parität ansprechen, bis es antwortet. Die wahrscheinlichsten Kombinationen sollten dabei zuerst probiert werden. Die niedrigeren Bitraten sollten zuletzt probiert werden, weil sie länger dauern.

Test des Kommunikationssystems
Modbus-Funktion "08 (0x08) Diagnostics "

Unterfunktion "0 (0x0000) Return Query Data"
Datenfeld beliebig
Rückmeldung: Echo der Anforderung

Unterfunktion "1 (0x0001) Restart Communication Option"
Datenfeld 0x0000 or 0xFF00
Rückmeldung: Echo der Anforderung
Aktion: Löscht alle Fehlerzähler und startet das Gerät neu

Unterfunktion "4 (0x0004) Force Listen Only Mode"
Datenfeld 0x0000
Keine Rückmeldung
Aktion: Keine Rückmeldung mehr bis zu einem Geräte-Reset oder bis zur Ausführung der Funktion 08 Unterfunktion 01

Unterfunktion "10 (0x000A) Clear Counters"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Echo der Anforderung
Aktion: Löscht alle Fehlerzähler

Unterfunktion "11 (0x000B) Return Bus Message Count"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Anzahl der Nachrichten, die das Gerät auf dem Kommunikationssystem seit seinem letzten Neustart, Zähler löschen oder Powerup erkannt hat.

Unterfunktion "12 (0x000C) Return Bus Communication Error Count"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Anzahl der Fehler, die das Gerät auf dem Kommunikationssystem seit seinem letzten Neustart, Zähler löschen oder Powerup erkannt hat (CRC Fehler, Framelänge < 3 Bytes, Paritäts- oder Framingfehler)

Unterfunktion "13 (0x000D) Return Bus Exception Error Count"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Anzahl der Modbus Fehlerrückmeldungen die das Gerät seit seinem letzten Neustart, Zähler löschen oder Powerup zurückgemeldet hat.

Unterfunktion "14 (0x000E) Return Slave Message Count"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Anzahl der Nachrichten, die an das Gerät oder per Broadcast gerichtet und verarbeitet wurden, seit seinem letzten Neustart, Zähler löschen oder Powerup.

Unterfunktion "15 (0x000F) Return Slave No Response Count"
Datenfeld 0x0000
Rückmeldung: Anzahl der Nachrichten, die das Gerät erhalten hat und für die es seit seinem letzten Neustart, Zähler löschen oder Powerup keine Rückmeldung geschickt hat (weder eine normale Rückmeldung noch eine Sonderrückmeldung (exception response))

MR-DO4 / MR-DOA4

I/O-Kommandos
Modbus-Funktion „01 (0x01) Read Coils“

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 7
* für MR-DOA4 Adresse	4 .. 7 = 0
Gültige Anzahl Ausgänge	1 .. 8

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1
Status der Ausgänge	Bit0 .. Bit7

Bit	Information
0	0 = Status Relais 1 AUS
	1 = Status Relais 1 EIN
1	0 = Status Relais 2 AUS
	1 = Status Relais 2 EIN
2	0 = Status Relais 3 AUS
	1 = Status Relais 3 EIN
3	0 = Status Relais 4 AUS
	1 = Status Relais 4 EIN
4*	0 = Relais 1 über den Bus geschalten
	1 = Relais 1 manuell geschalten
5*	0 = Relais 2 über den Bus geschalten
	1 = Relais 2 manuell geschalten
6*	0 = Relais 3 über den Bus geschalten
	1 = Relais 3 manuell geschalten
7*	0 = Relais 4 über den Bus geschalten
	1 = Relais 4 manuell geschalten

Modbus-Funktion “05 (0x05) Write Single Coil”

Anforderung

Gültige Adresse für die Ausgänge	0 .. 3
Gültiger Wert	0x0000 oder 0xFF00

Rückmeldung

Echo der Anforderung

Modbus-Funktion “15 (0x0F) Write Multiple Coils”

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 3
Gültige Anzahl der Ausgänge	1 .. 4
Gültige Anzahl an Bytes	1
Gültiger Wert	0 oder 1 in Bit0 .. Bit3

Bit	Information
0	0 = Status Relais 1 AUS
	1 = Status Relais 1 EIN
1	0 = Status Relais 2 AUS
	1 = Status Relais 2 EIN
2	0 = Status Relais 3 AUS
	1 = Status Relais 3 EIN
3	0 = Status Relais 4 AUS
	1 = Status Relais 4 EIN

Rückmeldung

Funktionscode, Startadresse, Anzahl der Ausgänge

Modbus-Funktion “03 (0x03) Read Holding Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0..1 oder 66
Gültige Anzahl an Register	2 oder 1

Rückmeldung

Funktionscode, Anzahl der Bytes, Register Wert

Werte Register 0:

Bit	Information
0	0 = Status Relais 1 AUS
	1 = Status Relais 1 EIN
1	0 = Status Relais 2 AUS
	1 = Status Relais 2 EIN
2	0 = Status Relais 3 AUS
	1 = Status Relais 3 EIN
3	0 = Status Relais 4 AUS
	1 = Status Relais 4 EIN
4	0 = Relais 1 über den Bus geschalten
	1 = Relais 1 manuell geschalten
5	0 = Relais 2 über den Bus geschalten
	1 = Relais 2 manuell geschalten
6	0 = Relais 3 über den Bus geschalten
	1 = Relais 3 manuell geschalten
7	0 = Relais 4 über den Bus geschalten
	1 = Relais 4 manuell geschalten

Werte Register 1:

Bit	Information
0	0 = Relais 1 AUS - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
	1 = Relais 1 EIN - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
1	0 = Relais 2 AUS - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
	1 = Relais 2 EIN - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
2	0 = Relais 3 AUS - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
	1 = Relais 3 EIN - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
3	0 = Relais 4 AUS - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall
	1 = Relais 4 EIN - Zustand nach einem Reset oder bei Kommunikationsausfall

Werte Register 66:
Zeiteinstellung für die Kommunikationsüberwachung mit einer Auflösung von 10 ms.
Registerwert= 0 (0x0000) (Werkseinstellung): keine Kommunikationsüberwachung.
Registerwert= 0x0001 bis 0xFFFF => 0,01 bis 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten

Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register”

Anforderung

Gültige Register Adresse	0 oder 1 oder 66
Register Wert	Bits 0 – 3 entsprechend der Tabellen oben

Rückmeldung

Echo der Anforderung

Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0 oder 1 oder 66
Gültige Anzahl an Register	1 oder 2
Gültige Anzahl an Bytes	Anzahl an Register x 2 Byte
Register Werte	Bits 0 – 3 entsprechend der Tabellen oben

Rückmeldung

Funktionscode, Register Startadresse, Anzahl der Register

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-DO4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.4”

MR-TO4

I/O-Kommandos
Modbus-Funktion „01 (0x01) Read Coils“

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 7
Gültige Anzahl Ausgänge	1 .. 8

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1
Status der Ausgänge	Bit0 .. Bit7

Bit	Information
0	0 = Status Triac 1 AUS
	1 = Status Triac 1 EIN
1	0 = Status Triac 2 AUS
	1 = Status Triac 2 EIN
2	0 = Status Triac 3 AUS
	1 = Status Triac 3 EIN
3	0 = Status Triac 4 AUS
	1 = Status Triac 4 EIN
4*	0 = Triac 1 über den Bus geschalten
	1 = Triac 1 manuell geschalten
5*	0 = Triac 2 über den Bus geschalten
	1 = Triac 2 manuell geschalten
6*	0 = Triac 3 über den Bus geschalten
	1 = Triac 3 manuell geschalten
7*	0 = Triac 4 über den Bus geschalten
	1 = Triac 4 manuell geschalten

Modbus-Funktion “05 (0x05) Write Single Coil”

Anforderung

Gültige Adresse für die Ausgänge	0 .. 3
Gültiger Wert	0x0000 oder 0xFF00

Rückmeldung

Echo der Anforderung

Modbus-Funktion “15 (0x0F) Write Multiple Coils”

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 3
Gültige Anzahl der Ausgänge	1 .. 4
Gültige Anzahl an Bytes	1
Gültiger Wert	0 oder 1 in Bit0 .. Bit3

Bit	Information
0	0 = Status Triac 1 AUS
	1 = Status Triac 1 EIN
1	0 = Status Triac 2 AUS
	1 = Status Triac 2 EIN
2	0 = Status Triac 3 AUS
	1 = Status Triac 3 EIN
3	0 = Status Triac 4 AUS
	1 = Status Triac 4 EIN

Rückmeldung

Funktionscode, Startadresse, Anzahl der Ausgänge

Modbus-Funktion “03 (0x03) Read Holding Registers”
Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register”
Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers”

Holding Registers	
Adresse	Beschreibung
0	Bits 0-3 enthalten Coils 0-3, Bits 4-7 enthalten Coils 4-7 (nur Read)
1	Bits 0-3 enthalten die Grundeinstellung für Coils 0-3, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
2 – 5	Betriebsarten der Triac-Ausgänge 0: Direkte Steuerung über den Modbus 1: Impulsgenerator mit variabler Periode und Dauer Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
6 – 9	Grundeinstellung der Impulsdauer Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: Promille der Impulsperiode, Wertebereich 0…1000, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
10 – 13	Impulsperiode Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 10 ms Wertebereich 0…65535 für 0…655,35 s, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
14 – 17	Aktuelle Impulsdauer Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: Promille der Impulsperiode, Wertebereich 0…1000, wird beim Einschalten aus Register 6-9 geladen

Holding Registers	
Adresse	Beschreibung
66	Zeitkonstante für die Verbindungs-Überwachung Beim Timeout kommt die Grundeinstellung in die Register 0 und 14-17. Die Zeit startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 10 ms, Werkseinstellung 0 (Überwachung aus), Maximum 65535 (= 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten), Speicherung im EEPROM

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-TO4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.5”

MR-DI4 / MR-DI4-IP

Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs“

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 3
Gültige Anzahl der Eingänge	1 .. 4

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1
Zustand der Eingänge	Bit0 .. Bit3 (Bit 4 .. 7 = 0)

Information

1= Zustand des Eingangs ist geschlossen.
0= Zustand des Eingangs ist offen.

Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers”

Anforderung

Gültige Startadresse	0
Gültige Anzahl an Register	1

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2
Wert im Register	Zustand der Eingänge in Bit 0..3

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-DI4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.4”

MR-DI10

Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs“

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 9
Gültige Anzahl der Eingänge	1 .. 10

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1 oder 2
Zustand der Eingänge	Bit0 .. Bit9

Information

1= Zustand des Eingangs ist geschlossen.
0= Zustand des Eingangs ist offen.

Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers”

Anforderung

Gültige Startadresse	0
Gültige Anzahl an Register	1

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2
Wert im Register	Zustand der Eingänge in Bit 0..9

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x07
Objekt Wert	“MR-DI10”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.4”

MR-SI4

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs“

Anforderung

Gültige Startadresse	0 .. 3
Gültige Anzahl der Eingänge	1 .. 4

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1
Zustand der Eingänge	Bit0 .. Bit3 (Bit 4 .. 7 = 0)

Information

1= Zustand des Eingangs ist geschlossen.
0= Zustand des Eingangs ist offen.

Zähler-Funktionen

Folgende Modbus-Funktionen dienen zum Lesen und Schreiben der Register.
In Klammern stehen dahinter die gültigen Adressbereiche.

„04 (0x04) Read Input Registers“	(0-20)
„03 (0x03) Read Holding Registers”	(0-51, 65)
“06 (0x06) Write Single Register”	(20-51)
“06 (0x06) Write Single Register”	(65)
“16 (0x10) Write Multiple Registers	(0-51, 65)

Bei langen Datentypen mit mehreren Registern Länge folgen diese Register direkt aufeinander und das höchstwertige kommt zuerst. Die Daten IZ, BZ, IT, AZ können nur komplett übertragen werden, die Daten EZ aber auch registerweise.

Input Register (Read-Only)		
Adresse	Name	Beschreibung
0 – 11	IZ	Impulszähler Datentyp uint48_t (je 3 Register)
12 – 19	BZ	Berechneter Zählerstand Datentyp uint32_t (je 2 Register)
20	INPUTS	Bits 0-3 enthalten Discrete Input 0-3
24 – 39	IZ	Impulszähler Datentyp uint64_t (je 4 Register), identisch mit 0-11

Holding Register		
Adresse	Name	Beschreibung
0 – 11	IT	Kopie des Impulszählers bei Tastendruck Datentyp uint48_t (je 3 Register) (EEPROM)
12 – 19	AZ	Anfangszählerstand Datentyp uint32_t (je 2 Register) Werkseinstellung 0 (EEPROM)
20 – 23	IE	Impulse pro Einheit Datentyp uint16_t (je 1 Register) Werkseinstellung 1 (EEPROM)
24 – 27	WI	Wandlerfaktor Strom Datentyp uint16_t (je 1 Register) Werkseinstellung 1 (EEPROM)
28 – 31	WU	Wandlerfaktor Spannung Datentyp uint16_t (je 1 Register) Werkseinstellung 1 (EEPROM)
32 – 35	WP	Betriebsart bei Berechnung mit Wandlerfaktor Datentyp uint16_t (je 1 Register, nur Bit 0 gilt) Wertebereich 0…1, siehe unten Werkseinstellung 0 (EEPROM)
36 – 39	ZS	Format der Zählerstellenanzeige Datentyp uint16_t (je 1 Register) (EEPROM) High-Byte für Zählerstellen, Wertebereich 0…9, Werkseinstellung 7, größere Werte werden auf 9 begrenzt Low-Byte für Nachkommastellen, Wertebereich 0…3, Werkseinstellung 1, größere Werte werden auf 3 begrenzt
40 – 43	TA	Flag für Tastenaktivierung Datentyp uint16_t (je 1 Register, nur Flag in Bit 0) 0: Taste ist gesperrt, 1: Taste ist funktionsbereit Werkseinstellung 1 (EEPROM)
44 – 51	EZ	Einfache Zähler, lesbar und schreibbar Datentyp uint32_t (je 2 Register)
65	Bitrate	Codes für Bitrate und Parität Werkseinstellung 19200 Bit/s, Even Parity (EEPROM)

Informationen zur Anwendung

An die Eingänge des MR-SI4 werden Geräte mit S0-Schnittstelle angeschlossen, die Impulse an dieser Schnittstelle ausgeben. Das MR-SI4 versorgt die Impuls-Schnittstellen mit Strom, die Impulsgeber enthalten nur potentialgetrennte Schaltkontakte oder Transistoren.

Die einfachen Zähler EZ zählen nur die Impulse am jeweiligen Eingang. Ihr Wert kann jederzeit über den Modbus gelesen oder geändert werden. Sie haben keine Verbindung zu den anderen Registern.

In der folgenden Beschreibung wird auf die Anwendung am Stromzähler mit S0-Schnittstelle eingegangen. Zähler für Wasser oder Gas funktionieren ähnlich. Daneben sind aber auch andere Anwendungen, wie einfache Impulszähler möglich.

Ein Impulszähler IZ im MR-SI4 zählt die Impulse am Eingang. Ein berechneter Zählerstand BZ wird ständig aus IZ und den konfigurierbaren Parametern IT, AZ, IE, WI, WU, WP, ZS berechnet.

Um missbräuchliche Manipulationen zu verhindern, ist der Impulszähler IZ nicht löschbar oder über den Bus änderbar. Das schränkt seine direkte Anwendung natürlich ein, der berechnete Zählerstand BZ ist aber sehr universell verwendbar.

Betriebsart bei Berechnung mit Wandlerfaktor

Im Register WP ist ein Code 0…1, der zusammen mit den Wandlerfaktoren WI und WU bestimmt, wie diese in die Berechnung einbezogen werden. WP, WI und WU hängen davon ab, ob Wandler vor den Zählern geschalten sind, ob der Zähler den Verbrauch primär oder sekundär anzeigt und ob die ausgegebenen Impulse primär oder sekundär dem Verbrauch entsprechen.
Folgende Elektrozähler-Typen sind zu unterscheiden:

Typ 1: Direkt messender Zähler, Anzeige: primär, Puls: primär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Hutschienenzähler mit mechanischem Rollenzählwerk, Ferraris-Zähler
Formeltyp:	WP = 0
Faktoren:	WI = WU = 1

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 2: Wandler-Zähler, Anzeige: primär, Puls: sekundär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Zähler mit LCD-Display
Formeltyp:	WP = 1
Faktoren:	WI und WU entsprechen den Wandlern

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} \cdot WI \cdot WU \right) + AZ \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 3: Wandler-Zähler, Anzeige: primär, Puls: primär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Zähler mit LCD-Display, Multimessgeräte
Formeltyp:	WP = 0
Faktoren:	WI = WU = 1

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 4: Wandler-Zähler, Anzeige: sekundär, Puls: sekundär

Anmerkung:	Zeigt den um die Wandlerfaktoren reduzierten Verbrauch an
Spezies:	Hutschienenzähler mit mechanischem Rollenzählwerk, Ferraris-Zähler
Formeltyp:	WP = 0

Verbrauch und Anzeige des Wandler-Zählers sind verschieden.
Beide können mit unterschiedlicher Konfiguration (WI, WU) berechnet werden.

Faktoren:	WI = WU = 1: Der berechnete Zählerstand entspricht der Anzeige des Wandler-Zählers.
Faktoren:	WI und WU entsprechen den Wandlern: Der berechnete Zählerstand entspricht dem Verbrauch.

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand oder Verbrauch}$$

Inbetriebnahme

Der Anwender liest vor Ort den Anfangszählerstand am Stromzähler ab und drückt den Taster am MR-SI4. Mit diesem Tastendruck wird der Impulszähler aus Register IZ in Register IT kopiert.
Der Anwender konfiguriert danach das MR-SI4 über den Modbus mit einem Serviceprogramm. Einzutragen sind

- der Anfangszählerstand, der am Zähler abgelesen wurde
- die Impulse pro Einheit,
  z.B. Angabe auf dem Stromzähler 2000 Impulse pro kWh
- der Formeltyp bei Berechnung mit Wandlerfaktoren
- der Faktor für die Stromwandlung,
  z.B. Angabe auf dem Wandler 200/5A → Faktor = 40
- der Faktor für die Spannungswandlung,
  z.B. Angabe auf dem Wandler 20000/100V → Faktor = 200
- die Anzahl der Zählerstellen und der Nachkommastellen
- den Taster deaktivieren, damit Register IT geschützt ist

Details zur Berechnung

Der berechnete Zählerstand soll sich genau wie der Stromzähler verhalten. Dazu ist es erforderlich, dass bei Zwischenergebnissen keine Überläufe und Rundungsfehler vorkommen. Beim Zählen und der Berechnung werden deshalb besonders große Datentypen verwendet.

Alle 60 Millisekunden kann ein Impuls vom Stromzähler kommen.
Das ergibt bis zu 1.440.000 Impulse pro Tag oder etwa 526.000.000 Impulse pro Jahr.

Wenn der Impulszähler mit 4 Bytes realisiert wäre, könnte er bis 4.294.967.295 zählen.
Er würde bei höchster Impulsfrequenz also nur für etwa 8,2 Jahre reichen.
Deshalb ist er mit 6 Bytes realisiert und kann nicht überlaufen.
Die Anzahl der Nachkommastellen wird bei der Berechnung als zusätzlicher Multiplikator mit einer Zehnerpotenz berücksichtigt. Außerdem bestimmt sie, wo bei der Anzeige von BZ und AZ das Komma zu setzen ist.

Wie beim Stromzähler, der nur eine bestimmte Anzahl von Dezimalstellen hat, wird als letzter Rechenschritt die Anzahl der Stellen begrenzt. Der berechnete Zählerstand des MR-SI4 läuft deshalb genau so oft auf 0 über, wie der Zählerstand des Stromzählers.

Berechneter Zählerstand, wenn WP = 0 ist:

```
BZ = ( (uint96_t) (IZ - IT) * WU * WI * Zehnerpotenz [Nachkomma] / IE +
       (uint96_t) AZ        * WU * WI )
       % Zehnerpotenz [Zählerstellen]
```

Berechneter Zählerstand, wenn WP = 1 ist:

```
BZ = ( (uint96_t) (IZ - IT) * WU * WI * Zehnerpotenz [Nachkomma] / IE +
       (uint96_t) AZ )
       % Zehnerpotenz [Zählerstellen]
```

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-SI4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V2.4”

MR-DIO4/2 / MR-DIO4/2S / MR-DIO4/2-IP

Modbus-Funktionen

Folgende Funktionen dienen zum Lesen und Schreiben der Register. Gültige Adressbereiche stehen in Klammern, aber je nach Betriebsart haben nicht alle Register eine Funktion.

Read Discrete Inputs	(0 - 15)
Read Input Registers	(0, 1, 2)
Read Coils	(0 - 15)
Write Single Coil	(0 - 15)
Write Multiple Coils	(0 - 15)
Read Holding Registers	(0 - 19, 65, 66)
Write Single Register	(0 - 19, 65, 66)
Write Multiple Registers	(0 - 19, 65, 66)

Modbus-Register

Der Zweck der Register ist hier kurz beschrieben. Unten folgt eine ausführlichere Beschreibung. Bei Betriebsarten für Brandschutz-Klappen werden die Register mit einem Takt von 100 ms ausgelesen und aktualisiert.

Discrete Inputs (Read-Only)		
Adr.	Name	Beschreibung
0	Input_1	Schaltzustand von Eingang 1…4, Werte: 0: Aus, 1: Ein
1	Input_2	
2	Input_3	
3	Input_4	
8	Fault_1	Sammelfehler in Kanal 1/2 bei Betriebsart Fire_Damper: Die folgenden Einzelfehlerbits sind hier zusammengefasst.
9	Fault_2	
10	FaultRun_1	Einzelfehler Runtime_Error in Kanal 1/2 bei Betriebsart Fire_Damper: Die Klappenbewegung hat zu lange gedauert.
11	FaultRun_2	
12	FaultMan_1	Einzelfehler Manipulation in Kanal 1/2 bei Betriebsart Fire_Damper: Beide Endschalter sind gleichzeitig eingeschaltet.
13	FaultMan_2	
14	FaultCom_1	Einzelfehler Update_Error in Kanal 1/2 bei Betriebsart Fire_Damper: Vom Modbus-Master kam zu lange keine Kommunikation.
15	FaultCom_2	

Input Registers (Read-Only)		
Adr.	Name	Beschreibung
0	InputReg	Bits 0…15 enthalten Discrete Inputs 0…3 und die Fehlerbits.
1	InputRegToggelLH	Bits 0…15 enthalten die zwischengespeicherten Discrete Inputs 0…3 und die Fehlerbits. Bei jedem erkannten **Low zu High Wechsel** wird das jeweilige Register-Bit invertiert (getoggelt) und der Zustand bis zum nächsten Low zu High Wechsel beibehalten.
2	InputRegToggelHL	Bits 0…15 enthalten die zwischengespeicherten Discrete Inputs 0…3 und die Fehlerbits. Bei jedem erkannten **High zu Low Wechsel** wird das jeweilige Register-Bit invertiert (getoggelt) und der Zustand bis zum nächsten High zu Low Wechsel beibehalten.

Coils		
Adr.	Name	Beschreibung
0 1	Relay_1 Relay_2	Read: Tatsächlicher Schaltzustand von Relais 1…2 Write: Beabsichtigter Schaltzustand von Relais 1…2 Werte: 0: Aus, 1: Ein
2 3	Hand_1 Hand_2	Read: Ursache des Schaltzustands von Relais 1…2 Write: --- Werte: 0: Modbus, 1: Kippschalter Kein Handbetrieb bei Betriebsarten Motorized und LimitSwitch
4 5	RelaySet_1 RelaySet_2	Read: Beabsichtigter Schaltzustand von Relais 1…2 Write: Beabsichtigter Schaltzustand von Relais 1…2 Werte: 0: Aus, 1: Ein
8 9	FaultReset_1 FaultReset_2	Read: 1: bleibt, bis die Fehler rückgesetzt sind, 0: danach Write: 0: keine Funktion, 1: alle Fehler rücksetzen Nur bei Betriebsart Fire_Damper

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
0	OutputReg	Read: Bits 0…15 = Coils 0…15 Write: Bits 0…1 = Beabsichtigter Schaltzustand von Relais 1…2 Bits 8…9 = Alarm löschen, wenn das Bit gesetzt ist
1	RelayDefault	Bits 0…1 enthalten die Grundeinstellung für Relais 1…2, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM,

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
		bei Betriebsart Direct_Control, Fire_Damper und Input_Logic_Control
2	OperMode_1	Betriebsart für Kanal 1…2, Werte 0…9 siehe unten, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
3	OperMode_2	
4	DriveTime_1	Maximaldauer des Öffnens der Brandschutz-Klappe, Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 240 Sekunden, Speicherung im EEPROM
5	DriveTime_2	
6	TurnOffTime_1	Maximaldauer des Schließens der Brandschutz-Klappe, Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 35 Sekunden, Speicherung im EEPROM
7	TurnOffTime_2	
8	RcvHeartBeat_1	Maximaldauer zwischen Schreibzugriffen auf ActuDrive_1…2, Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 0 Sekunden, Speicherung im EEPROM
9	RcvHeartBeat_2	
10	ActuDrive_1	Die Stellung der Brandschutz-Klappe wird gesteuert, Werte: open (1), close (2)
11	ActuDrive_2	
12	ActuPos_1	Die Stellung der Brandschutz-Klappe wird gemeldet, Werte: open (1), close (2), running (3).
13	ActuPos_2	
14	ActuPos_1a	Die Stellung der zweiten Brandschutz-Klappe wird gemeldet, Werte: inactive (0), open (1), close (2)
15	ActuPos_2a	
16	AlarmCode_1	Alarm-Codes werden gemeldet und rückgesetzt, Werte: OK (1), Runtime_Error (3), Manipulation (4), Update_Error (5), Alarm (6), Alarm_a (7)
17	AlarmCode_2	
18	RelayLogic_1	Zuordnung der Eingänge 1..4 zu Relais 1 Bit 0..3: Relais 1 wechselt seinen Zustand bei 0 zu 1 Wechsel der markierten Eingänge (Toggle) Bit 8..11: Relais 1 folgt dem Zustand der markierten Eingänge. Wenn mehrere Eingänge markiert sind, erfolgt eine ODER Verknüpfung Wenn für Relais 2 ein Brandschutzklappen-Mode eingestellt ist oder wird, stehen Eingang 3 und 4 für die Logik nicht mehr zur Verfügung und werden nicht mehr berücksichtigt

19	RelayLogic_2	Zuordnung der Eingänge 1..4 zu Relais 2 Bit 0..3: Relais 2 wechselt seinen Zustand bei 0 zu 1 Wechsel der markierten Eingänge (Toggle) Bit 8..11: Relais 2 folgt dem Zustand der markierten Eingänge. Wenn mehrere Eingänge markiert sind, erfolgt eine ODER Verknüpfung Wenn für Relais 1 ein Brandschutzklappen-Mode eingestellt ist oder wird, stehen Eingang 1 und 2 für die Logik nicht mehr zur Verfügung und werden nicht mehr berücksichtigt
65	BaudCode	Codes für Baudrate und Parität, Werkseinstellung 19200 Baud, even Parity, Speicherung im EEPROM Bit 0-3: Code für die Baudrate. Code 0x01 0x02 0x03 0x04 0x05 0x06 0x07 0x08 Baud 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200 Bit 4-7: Code für die Parität. Code 0x10 0x20 0x30 Parität Even Odd None Bit 8-15: Wert 0x53 ermöglicht Änderung mit den Kommandos Write-Single/Multiple-Register, dann nur in dieses Register schreiben.
66	BusTimeout	Zeitkonstante für die Verbindungs-Überwachung bei Betriebsart Direct_Control Werte 0: inaktiv 1…65535: 0,01…655,35 Sekunden Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM

Überblick über die Betriebsarten

In Register OperMode_1…2 wird die Betriebsart des jeweiligen Kanals eingestellt.
Kanal 1: Eingang 1…2 und Relais 1, Kanal 2: Eingang 3…4 und Relais 2.

Wert	Name	Beschreibung
0	Direct_Control	Direkte Steuerung der Ein- und Ausgänge, Werkseinstellung
1	Motorized_SafetyOpen	motorbetriebene Brandschutz-Klappe, sichere Stellung offen (Entrauchungs-Klappe)
2	Motorized_SafetyClose	motorbetriebene Brandschutz-Klappe, sichere Stellung geschlossen
3	LimitSwitch_Open_Close	mechanische Brandschutz-Klappe mit AUF- und ZU-Endschalter
4	LimitSwitch_Open	2 mechanische Brandschutz-Klappen nur mit AUF-Endschalter (Schließer-Kontakt)
5	LimitSwitch_Close	2 mechanische Brandschutz-Klappen nur mit ZU-Endschalter (Öffner-Kontakt)
6	Fire_Damper	motorbetriebene Brandschutz-Klappe
7	Motor_SafetyOpen_2	motorbetriebene Brandschutz-Klappe, sichere Stellung offen (Entrauchungs-Klappe)
8	Motor_SafetyClose_2	motorbetriebene Brandschutz-Klappe, sichere Stellung geschlossen
9	Input_Logic_Control	Relais werden abhängig von den Eingangszuständen gesteuert

Betriebsart Direct_Control

Adresse 0: Der Zustand der Digital-Eingänge wird gemeldet.
(Input-Register InputReg)
Adresse 1: Der Toggelzustand bei **Low-High Wechsel** der Digital-Eingänge wird gemeldet.
(Input-Register InputRegToggelLH)
Adresse 2: Der Toggelzustand bei **High-Low Wechsel** der Digital-Eingänge wird gemeldet.
(Input-Register InputRegToggelHL)

Das Relais wird über den Modbus (Holding-Register OutputReg) und die Kippschalter gesteuert. Dabei haben die Kippschalter Priorität.

Es gibt keine Verknüpfung zwischen den Eingängen und dem Relais.

Nach dem Einschalten oder dem Ablauf der Verbindungs-Überwachung (Holding-Register BusTimeout) gilt die Grundeinstellung des Relais (Holding-Register RelayDefault).

Die Verbindung zum Modbus-Master kann mit einem Watchdog-Timer überwacht werden. Wenn der Master oder die Verbindung ausfällt, werden die Ausgänge in ihren Grundzustand (sicherer Zustand) geschaltet und die rote LED leuchtet. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu, nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht.

Betriebsart Fire_Damper für Brandschutzklappen

Der Zustand der Digital-Eingänge wird gemeldet (Input-Register InputReg).
An die Eingänge werden die Endschalter (Schließer-Kontakt) der Klappen angeschlossen.

Das Relais wird über den Modbus (Holding-Register OutputReg) und die Kippschalter gesteuert. Dabei haben die Kippschalter Priorität. Das Relais schaltet den Motor der Klappe. Wenn er eingeschaltet ist, wird die Klappe geöffnet, ausgeschaltet schließt sich die Klappe.

Die Eingänge und die Fehlermeldungen beeinflussen das Relais nicht.
Nur nach dem Einschalten gilt die Grundeinstellung des Relais (Holding-Register RelayDefault).

Die Brandschutzklappen werden wie folgt angeschlossen:

Brandschutzklappe 1		Brandschutzklappe 2	
Eingang 1	Endschalter AUF	Eingang 3	Endschalter AUF
Eingang 2	Endschalter ZU	Eingang 4	Endschalter ZU
Relais 1	Motor	Relais 2	Motor

Zur Unterstützung von Inbetriebnahme und Wartung gibt es eine Fehlerüberwachung (Register InputReg und OutputReg). Nur einer der unten aufgeführten Einzelfehler wird gemeldet, danach ist die Fehlererkennung gesperrt. Gleichzeitig mit dem Einzelfehler wird der Sammelfehler gemeldet. Der Fehler wird vom Modbus-Master quittiert, indem FaultReset_1…2 gesetzt wird.

Der Fehler **FaultRun_1…2** wird gemeldet, wenn die einstellbare Maximaldauer des Öffnens (DriveTime_1…2) oder Schließens (TurnOffTime_1…2) der Klappe überschritten wird.
Die Zeitmessung beginnt beim Schalten des Relais. Nur außerhalb der Zeitmessung wird die Position der Klappen anhand der Endschalter geprüft und der Fehler gemeldet, wenn die Position nicht wie erwartet ist. Die Prüfung ist mit der Zeitkonstante 0 abschaltbar. Bei Handbedienung ist die Prüfung ebenfalls abgeschaltet.

Der Fehler **FaultMan_1…2** wird gemeldet, wenn beide Endschalter gleichzeitig eingeschaltet sind.

Der Fehler **FaultCom_1…2** wird gemeldet, wenn die einstellbare Maximaldauer zwischen Modbus-Kommandos überschritten wird. Damit kann eine Verbindungs-Überwachung realisiert werden. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu, nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht. Die Zeitmessung ist mit der Zeitkonstante 0 abschaltbar.

Betriebsart Motorized und LimitSwitch für Brandschutzklappen

Bei diesen Betriebsarten wird das Relais auch abhängig von den Eingängen und der Fehlerüberwachung gesteuert.

Register bei diesen Betriebsarten

ActuDrive_1…2

Nur bei Betriebsarten Motor….
In diesem Register wird die Klappenstellung gesteuert.
Werte: open (1), close (2), Grundeinstellung nach Reset ist die Normal-Position.

ActuPos_1…2

Betriebsarten Motor… und LimitSwitch_Open_Close:
In diesem Register wird die Klappenstellung rückgemeldet.
Die Rückmeldung kommt von Endschaltern AUF1, ZU1, AUF2, ZU2 (Schließer).
Werte: open (1), close (2), running (3).

Betriebsarten LimitSwitch_Open und LimitSwitch_Close:
In diesem Register wird die Klappenstellung rückgemeldet.
Die Rückmeldung kommt von Endschaltern an den Eingängen AUF1/ZU1, AUF2/ZU2 (Schließer-Kontakt bei LimitSwitch_Open, Öffner-Kontakt bei LimitSwitch_Close).
Werte: open (1), close (2).

ActuPos_1a…2a

Betriebsarten Motor… und LimitSwitch_Open_Close:
Werte: inactive (0).

Betriebsarten LimitSwitch_Open und Limit_Switch_Close:
In diesem Register wird die Stellung der zweiten Brandschutzklappe rückgemeldet.
Die Rückmeldung kommt von Endschaltern an den Eingängen AUF1a/ZU1a, AUF2a/ZU2a (Schließer-Kontakt bei LimitSwitch_Open, Öffner-Kontakt bei LimitSwitch_Close).

Werte: open (1), close (2).

AlarmCode_1…2

In diesem Register werden Fehlerzustände gemeldet. Der erste Fehlercode (3…7) bleibt gespeichert, bis er beseitigt ist, erst danach ist eine andere Fehlermeldung möglich.
Die Werte und das Rücksetzen von Fehlern werden unten beschrieben.

Werte bei Betriebsarten Motor:
OK (1), Runtime_Error (3), Manipulation (4), Update_Error (5), Alarm (6).

Werte bei Betriebsart LimitSwitch_Open_Close:
OK (1), Manipulation (4), Alarm (6).

Werte bei Betriebsarten LimitSwitch_Open und LimitSwitch_Close:
OK (1), Alarm (6) bei Eingängen AUF1/ZU1, AUF2/ZU2,
Alarm_a (7) bei Eingängen AUF1a/ZU1a, AUF2a/ZU2a.
Alarm (6) hat Priorität vor Alarm_a (7), falls beide Klappen in Fire-Position sind.

DriveTime_1…2

Nur bei Betriebsarten Motor
In diesem Register wird die Maximaldauer des Öffnens der Klappe eingestellt.
Bei Zeitüberschreitung wird der Alarm-Code Runtime_Error gemeldet.
Beim Wert 0 ist die Zeitmessung abgeschaltet.
Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 240 Sekunden.

TurnOffTime_1…2

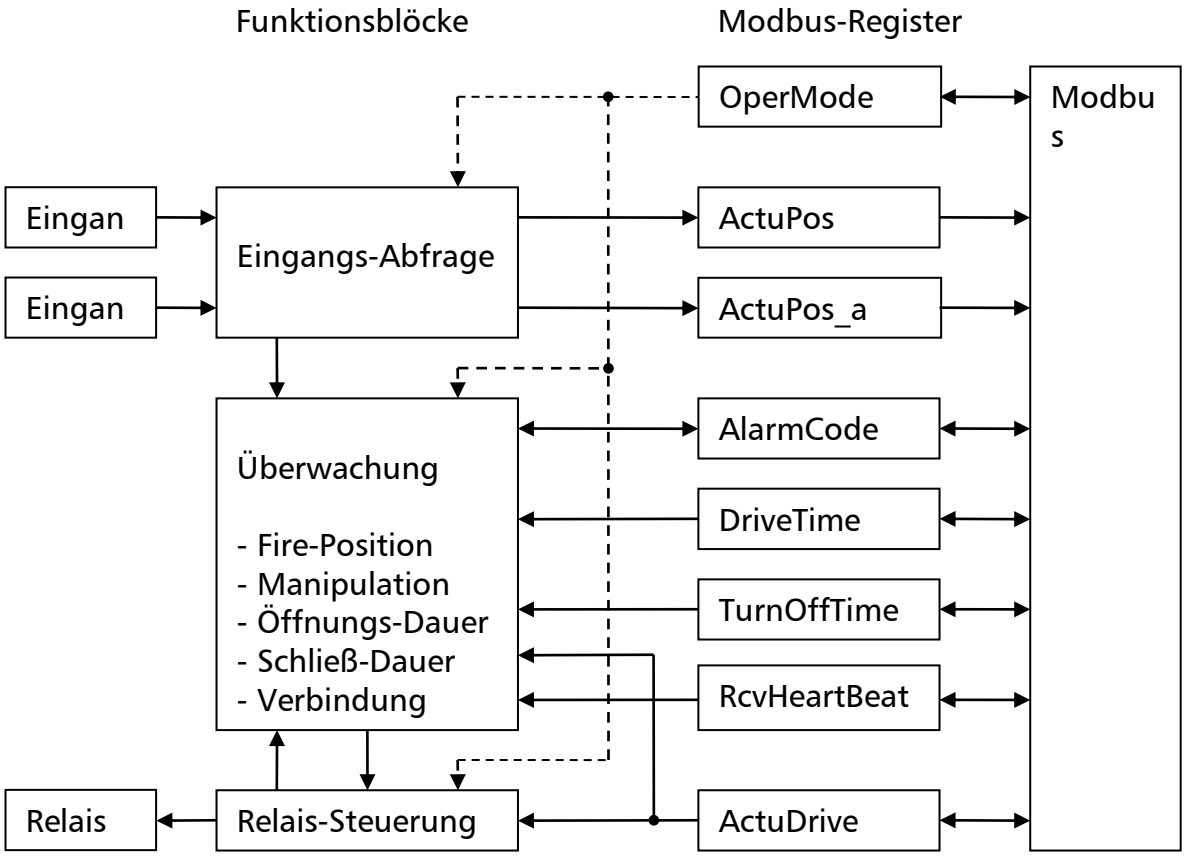
Nur bei Betriebsarten Motor
In diesem Register wird die Maximaldauer des Schließens der Klappe eingestellt.
Bei Zeitüberschreitung wird der Alarm-Code Runtime_Error gemeldet.
Beim Wert 0 ist die Zeitmessung abgeschaltet.
Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 35 Sekunden.

RcvHeartBeat_1…2

Nur bei Betriebsarten Motor….
In diesem Register wird die Maximaldauer zwischen Schreibzugriffen auf ActuDrive_1…2 eingestellt. Damit kann eine Verbindungs-Überwachung realisiert werden.
Bei Zeitüberschreitung wird der Alarm-Code Update_Error gemeldet.
Beim Wert 0 ist die Zeitmessung abgeschaltet.
Werte: 0…6553,5 Sekunden, Auflösung 0,1 Sekunden, Werkseinstellung 0 Sekunden.

Überblick zu Betriebsarten für Brandschutzklappen

Beide Kanäle sind gleich, ihre Nummern sind im Bild weggelassen.



Endschalter der Brandschutzklappen

An den Eingangs-Klemmen werden die Endschalter folgendermaßen angeschlossen:

Klemmen	Klappe	Betriebsarten Motor… LimitSwitch_Open_Close (jeweils Schließer-Kontakt)	Klappe	Betriebsarten LimitSwitch_Open (Schließer-Kontakt), LimitSwitch_Close (Öffner-Kontakt)
1 – C1	AUF1	Klappe 1 auf	AUF1/ZU1	Klappe 1
2 – C1	ZU1	Klappe 1 zu	AUF1a/ZU1a	Klappe 1a
3 – C1	AUF2	Klappe 2 auf	AUF2/ZU2	Klappe 2
4 – C1	ZU2	Klappe 2 zu	AUF2a/ZU2a	Klappe 2a

Die Betriebsarten LimitSwitch_Open und LimitSwitch_Close unterscheiden sich nur im Namen, das MR-DIO42 verhält sich in beiden identisch.
- Bei ganz offener Klappe ist der Kontakt geschlossen.
- Bei ganz geschlossener Klappe ist der Kontakt offen.
- Bei teilweise offener Klappe gilt der Zustand der entsprechenden Endlage.

Fire-Position

Die Fire-Position wird je nach Betriebsart von den Endschaltern abgeleitet.

Betriebsart	Fire-Position wenn
Motorized_SafetyClose, Motor_SafetyClose_2	Klappe nicht AUF
Motorized_SafetyOpen, Motor_SafetyOpen_2	Klappe nicht ZU
LimitSwitch_Open_Close	Klappe nicht AUF
LimitSwitch_Open	mindestens 1 Klappe nicht AUF
LimitSwitch_Close	mindestens 1 Klappe ZU

Wenn die Position der Klappe die Fire-Position ist und noch kein anderer Alarm-Code gemeldet wird, wird im AlarmCode-Register Alarm gemeldet.

Bei den Betriebsarten LimitSwitch_Open und LimitSwitch_Close wird Alarm für die erste Klappe oder Alarm_a für die zweite Klappe gemeldet. Alarm hat Priorität vor Alarm_a.

In den Betriebsarten Motor… gibt es über die Fire-Position eine Selbsthaltung in der sicheren Position. Das Relais ist dann in den sicheren Zustand geschaltet. Um die Brandschutzklappe in die normale Position zu bewegen, wird erst die normale Position in ActuDrive geschrieben

und danach AlarmCode auf OK rückgesetzt. Dann beginnt der Alarm-Reset, bei dem die Selbsthaltung unterbrochen ist.
Bei den Brandschutzklappen mit Motor gibt es diesen Unterschied beim absichtlichen Steuern mit Register ActuDrive in die sichere Position und zurück in die normale:
Betriebsarten Motorized...: Die Fire-Position wird als Alarm gemeldet.
Betriebsarten Motor_..._2: Die Fire-Position wird nicht als Alarm gemeldet.

Fehler-Erkennung und Alarm-Codes

Es gibt 3 Fehlerquellen, die als Alarm-Code gemeldet werden und teilweise zu einer automatischen Steuerung der motorbetriebenen Brandschutzklappe führen.

Runtime_Error
(Betriebsarten Motor…)

Die Zeit, während der die Klappe sich öffnet oder schließt, kann gemessen werden. Wenn die erlaubte Dauer überschritten wird, wird dieser Fehler gemeldet.

Die Zeitmessung mit DriveTime_1…2 beginnt, wenn das Relais eingeschaltet wird (Klappe öffnen), und endet, wenn die Endschalter die Position AUF melden.
Die Zeitmessung mit TurnOffTime_1…2 beginnt, wenn das Relais ausgeschaltet wird (Klappe schließen), und endet, wenn die Endschalter die Position ZU melden.

Die zwei Zeitmessungen sind mit dem Wert 0 einzeln abschaltbar.
Ein Fehler bleibt gespeichert, das Relais schaltet dann in die sichere Stellung.

Mögliche Ursachen: Klappe klemmt, Endschalter defekt, Eingang für Endschalter defekt, Kabel zum Endschalter unterbrochen, Kabel zum Motor unterbrochen, Motor defekt.

Manipulation
(Betriebsarten Motor…, LimitSwitch_Open_Close)

Wenn beide Endschalter gleichzeitig eingeschaltet sind, wird dieser Fehler gemeldet.
In ActuPos_1…2 wird gleichzeitig der Wert running gemeldet.
Ein Fehler bleibt gespeichert, das Relais wird dann ausgeschaltet.

Mögliche Ursachen: Endschalter defekt, Eingang für Endschalter defekt, Kabel zum Endschalter kurzgeschlossen.

Update_Error
(Betriebsarten Motor…)

Das Zeitintervall von Schreibzugriffen auf ActuDrive_1…2 kann überwacht werden. Wenn die erlaubte Dauer (RcvHeartBeat_1…2) überschritten wird, wird dieser Fehler gemeldet.

Die Überwachung startet auch, wenn der Fehler rückgesetzt wird oder RcvHeartBeat ungleich 0 gesetzt wird.
Die Zeitmessung ist mit dem Wert 0 abschaltbar.
Ein Fehler bleibt gespeichert, das Relais schaltet dann in die sichere Stellung.

Mögliche Ursachen: Gegenstelle am Bus außer Betrieb, Busverbindung unterbrochen (z.B. Kabel, Repeater, Switch).

Mehrere gleichzeitige Fehler

Auch wenn bei einem Kanal mehrere Fehler gleichzeitig vorliegen, erfolgt ausschließlich die Fehlerbehandlung für den zuerst erkannten Fehler. Erst wenn dieser bestätigt ist, indem er auf OK rückgesetzt worden ist (Alarm-Reset), kann wieder ein anderer Fehler erkannt werden.

Brandschutz-Klappe (Motorized_SafetyClose)

Abhängig von Alarm-Reset, Fire-Position, ActuDrive_1…2 und dem Fehlerzustand ist das Relais folgendermaßen geschaltet (Auswertung von oben nach unten):

sonstiges	ActuDrive_1…2	AlarmCode_1…2	Relais 1…2
Alarm-Reset	open (1)	OK (1)	Ein
Fire-Position	beliebig	beliebig	Aus
-	beliebig	Runtime_Error (3)	Aus
	beliebig	Update_Error (5)	Aus
	beliebig	Manipulation (4)	Aus
	open (1)	OK (1)	Ein
	close (2)	OK (1)	Aus

Initialisierung nach dem Einschalten / Rücksetzen:
ActuDrive wird auf open gesetzt. AlarmCode wird auf OK gesetzt. Der Alarm-Reset startet, um die Selbsthaltung über Fire-Position im sicheren Zustand zu unterbrechen. Er endet, wenn die normale Position erreicht ist oder bei einem Fehler.

Entrauchungs-Klappe (Motorized_SafetyOpen)

Abhängig von Alarm-Reset, Fire-Position, ActuDrive_1…2 und dem Fehlerzustand ist das Relais folgendermaßen geschaltet (Auswertung von oben nach unten):

sonstiges	ActuDrive_1…2	AlarmCode_1…2	Relais 1…2
Alarm-Reset	close (2)	OK (1)	Aus
Fire-Position	beliebig	beliebig	Ein
-	beliebig	Runtime_Error (3)	Ein
	beliebig	Update_Error (5)	Ein
	beliebig	Manipulation (4)	Aus
	open (1)	OK (1)	Ein
	close (2)	OK (1)	Aus

Initialisierung nach dem Einschalten / Rücksetzen:
ActuDrive wird auf close gesetzt. AlarmCode wird auf OK gesetzt. Der Alarm-Reset startet, um die Selbsthaltung über Fire-Position im sicheren Zustand zu unterbrechen. Er endet, wenn die normale Position erreicht ist oder bei einem Fehler.

Brandschutz-Klappe (Motor_SafetyClose_2)

Abhängig von Alarm-Reset, Fire-Position, ActuDrive_1…2 und dem Fehlerzustand ist das Relais folgendermaßen geschaltet (Auswertung von oben nach unten):

sonstiges	ActuDrive_1…2	AlarmCode_1…2	Relais 1…2
Alarm-Reset	open (1)	OK (1)	Ein
Fire-Position	open (1)	beliebig	Aus
-	beliebig	Runtime_Error (3)	Aus
	beliebig	Update_Error (5)	Aus
	beliebig	Manipulation (4)	Aus
	open (1)	OK (1)	Ein
	close (2)	OK (1)	Aus

Bei Steuerung über ActuDrive gelten die letzte und erste Zeile.
Die Fire-Position (ActuPos = close, running) wird dann nicht als Alarm gemeldet.

Initialisierung nach dem Einschalten / Rücksetzen:
ActuDrive wird auf open gesetzt. AlarmCode wird auf OK gesetzt.
Der Alarm-Reset startet dann, um die Selbsthaltung über Fire-Position im sicheren Zustand zu unterbrechen. Er endet, wenn die normale Position erreicht ist oder bei einem Fehler.

Entrauchungs-Klappe (Motor_SafetyOpen_2)

Abhängig von Alarm-Reset, Fire-Position, ActuDrive_1…2 und dem Fehlerzustand ist das Relais folgendermaßen geschaltet (Auswertung von oben nach unten):

sonstiges	ActuDrive_1…2	AlarmCode_1…2	Relais 1…2
Alarm-Reset	close (2)	OK (1)	Aus
Fire-Position	close (2)	beliebig	Ein
-	beliebig	Runtime_Error (3)	Ein
	beliebig	Update_Error (5)	Ein
	beliebig	Manipulation (4)	Aus
	close (2)	OK (1)	Aus
	open (1)	OK (1)	Ein

Bei Steuerung über ActuDrive gelten die letzte und erste Zeile.
Die Fire-Position (ActuPos = open, running) wird dann nicht als Alarm gemeldet.

Initialisierung nach dem Einschalten / Rücksetzen:
ActuDrive wird auf close gesetzt. AlarmCode wird auf OK gesetzt.
Der Alarm-Reset startet dann, um die Selbsthaltung über Fire-Position im sicheren Zustand zu unterbrechen. Er endet, wenn die normale Position erreicht ist oder bei einem Fehler.

Klappe ohne Motor (LimitSwitch…)

Das Relais ist dauernd ausgeschaltet.

Betriebsart Input_Logic_Control

In dieser Betriebsart findet eine logische Verknüpfung der Digital-Eingänge mit den Relais-Ausgängen statt.

Hier gibt es zwei grundsätzliche Funktionen:
- Stromstoß-Schalter-Funktion
- Standard-Schalter-Funktion

Die beiden Funktionen schließen sich gegenseitig aus. Daher wird ein Vermischen der Funktionen vom Gerät automatisch verhindert.

Die Relais können auch über die Kippschalter gesteuert werden. Dabei haben die Kippschalter Priorität.
Bei Stromstoß-Schalter-Funktion gilt nach dem Einschalten die Grundeinstellung des jeweiligen Relais (Holding-Register RelayDefault). Bei Standard-Schalt-Funktion gilt immer der Zustand der zugeordneten Eingänge. Bei einem Ablauf der Verbindungs-Überwachung (Holding-Register BusTimeout) findet **keine** Änderung auf die Grundeinstellung der jeweiligen Relais statt.

Stromstoß-Schalter-Funktion

Hier führt ein 0 zu 1 Wechsel an einem oder mehreren Eingängen dazu, dass das/die Relais den momentanen Zustand wechselt. Jeder 0 zu 1 Wechsel ändert den Zustand des jeweiligen Relais-Ausgangs, unabhängig davon, ob ein oder mehrere Eingänge das Relais schalten sollen.

Standard-Schalter-Funktion

Hier folgt der Relais-Ausgang einem oder mehreren Eingängen, d. h. der Relais-Ausgang hat den gleichen Zustand wie die zugeordneten Eingänge:
Eingang = 0 → Relais ausgeschaltet
Eingang = 1 → Relais eingeschaltet

Wenn einem Relais mehrere Eingänge zugeordnet sind, erfolgt eine ODER Verknüpfung, d. h. so lange mindestens ein zugeordneter Eingang auf 1 ist, ist auch das Relais eingeschaltet und nur wenn alle zugeordneten Eingänge auf 0 sind, ist das Relais ausgeschaltet.

Wenn für ein Relais eine Brandschutzklappen-Betriebsart eingestellt ist oder wird, stehen die dem Relais zugeordneten Eingänge (siehe Betriebsart Brandschutzklappen) für die Logik des jeweils anderen Relais nicht mehr zur Verfügung und werden nicht mehr berücksichtigt und vom Gerät automatisch deaktiviert.

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01	
Objekt ID	0x00	

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01	
Conformity level	0x01	
Weitere folgen	0x00	
Next Objekt ID	0x00	
Anzahl an Objekten	0x03	
Objekt ID	0x00	
Objekt Länge	0x11	
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”	
Objekt ID	0x01	
Objekt Länge	0x0x9	0x0E
Objekt Wert	“MR-DIO4/2	“MR-DIO4/2-IP65”
Objekt ID	0x02	
Objekt Länge	0x04	
Objekt Wert	“V2.0”	

MR-TP

Das MR-TP hat 6 Digital-Eingänge ohne Potentialtrennung zum Anschluss von Schaltern und 2 Relais-Ausgänge mit je 2 Stufen (d. h. 4 Relais). Es gibt Betriebsarten zur Steuerung von Jalousien.

In diesem Text werden nur die Register und Betriebsarten des MR-TP beschrieben.
Für allgemeine Eigenschaften siehe „Allgemein geltende Kommandos“.

Modbus-Funktionen

Funktion Diagnostics dient zum Prüfen der Modbus-Kommunikation.

Funktion Read Device Identification liefert folgende Daten zur Identifikation des Geräts.

VendorName	= "METZ CONNECT GmbH"
ProductCode	= "MR-TP"
MajorMinorRevision	= "V2.1"

Funktionen zum Lesen und Schreiben der Register, Adressbereiche in Klammern:

Read Discrete Inputs	(0 - 15)
Read Input Registers	(0)
Read Coils	(0 - 5)
Write Single Coil	(0 - 5)
Write Multiple Coils	(0 - 5)
Read Holding Registers	(0 - 7, 65 - 66)
Write Single Register	(0 - 7, 65, 66)
Write Multiple Registers	(0 - 7, 65, 66)

Modbus-Register

Discrete Inputs	
Adresse	Beschreibung
0 – 5	Schaltzustand der Digital-Eingänge, 0: Aus, 1: Ein
8 – 9	Rückmeldung des Schaltzustands von Relais 1, 0: Aus, 2: Stufe-1 (Öffnen), 3: Stufe-2 (Schließen)
10 – 11	Ursache des Schaltzustands von Relais 1, bei Jalousie-Betrieb siehe Prioritäten-Tabelle, sonst 3: Kippschalter, 0: Modbus-Coils

12 – 13	Rückmeldung des Schaltzustands von Relais 2, 0: Aus, 2: Stufe-1 (Öffnen), 3: Stufe-2 (Schließen)
14 – 15	Ursache des Schaltzustands von Relais 2, bei Jalousie-Betrieb siehe Prioritäten-Tabelle, sonst 3: Kippschalter, 0: Modbus-Coils

Input Registers	
Adresse	Beschreibung
0	Bits 0-15 enthalten Discrete Input 0-15

Coils	
Adresse	Beschreibung
2 – 3	Schaltzustand von Relais 1 bei Betriebsart Switch, 0: Aus, 1: Aus, 2: Stufe-1, 3: Stufe-2
4 – 5	Schaltzustand von Relais 2 bei Betriebsart Switch, 0: Aus, 1: Aus, 2: Stufe-1, 3: Stufe-2

Holding Registers	
Adresse	Beschreibung
0	Bits 0-5 enthalten Coil 0-5
1	Jalousie-Kommando (im Low-Byte)
2	Betriebsart (Low-Byte) und Flags (High-Byte), Werkseinstellung 1, Speicherung im EEPROM
3	Bits 0-5 enthalten die Grundeinstellung für Coils 0-5, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM
4	Zeitkonstante Taster kurz/lang, Einheit 10ms, Werkseinstellung 2 Sek., Speicherung im EEPROM
5	Zeitkonstante kurzer Impuls, Einheit 10ms, Werkseinstellung 0,5 Sek., Speicherung im EEPROM
6	Zeitkonstante langer Impuls, Einheit 10ms, Werkseinstellung 60 Sek., Speicherung im EEPROM

Holding Registers	
Adresse	Beschreibung
7	Zeitkonstante Rotier-Impuls (Lamellen waagerecht stellen), Einheit 10ms, Werkseinstellung 1 Sek., Speicherung im EEPROM
65	Codes für Baudrate und Parität Bit 0-3: Code für die Baudrate Code 0x01 0x02 0x03 0x04 0x05 0x06 0x07 0x08 Baud 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200 Bit 4-7: Code für die Parität Code 0x10 0x20 0x30 Parität Even Odd None Bit 8-15: Magic-Number Der Wert 0x53 ermöglicht eine Änderung mit den Kommandos Write-Single/Multiple-Register, dann nur in dieses Register schreiben. Beim Lesen wird der Wert 0x00 gemeldet. Werkseinstellung 0x0015 (19200 Baud, even Parity), Speicherung im EEPROM
66	Zeitkonstante der Verbindungs-Überwachung Werte 0: inaktiv 1…65535: 0,01…655,35 Sekunden Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM

Drehschalter für Baudrate, Parität und Busadresse

An den Drehschaltern werden Baudrate und Parität so eingestellt:

- Versorgungsspannung ausschalten
- Frontblende des Geräts entfernen
- Auf die rechten 2 Stifte der 4-poligen Stiftleiste eine Steckbrücke stecken

- Am oberen Drehschalter X10 die Parität einstellen, siehe Register 65
- Am unteren Drehschalter X1 die Baudrate einstellen, siehe Register 65
- Versorgungsspannung einschalten, um die Einstellung im EEPROM zu speichern, rote und grüne LED blinken abwechselnd

- Versorgungsspannung ausschalten
- Steckbrücke entfernen, auf einzelnen Stift stecken und Frontblende montieren

- Mit Drehschalter X1 und X10 die Geräte-Adresse einstellen

Betriebsarten

Die Betriebsart wird mit den unteren Bits des Betriebsart-Registers ausgewählt.
In den oberen Bits sind weitere Flags für den Jalousie-Betrieb (Sunblind 1 / 2).

In allen Betriebsarten wird beim Umschalten der Relais-Ausgänge zwischen Stufe 1 und Stufe 2 eine Pause von 0,5 Sekunden Aus-Zustand eingefügt.

Betriebsart 0 (Modbus Off)

Die Digital-Eingänge werden über den Modbus abgefragt.
Die Relais-Ausgänge werden nur über die eingebauten Kippschalter gesteuert.

Funktion der Kippschalter: Oben = Stufe 1, Mitte = Aus, Unten = Stufe 2.

Betriebsart 1 (Switch 0-1-2)

Die Digital-Eingänge werden über den Modbus abgefragt.
Die Relais-Ausgänge werden über den Modbus oder die eingebauten Kippschalter gesteuert.

Funktion der Kippschalter: Oben = Aus, Mitte = Stufe 1, Unten = Stufe 2.

Betriebsart 2 (Switch 1-0-2)

Die Digital-Eingänge werden über den Modbus abgefragt.
Die Relais-Ausgänge werden über den Modbus oder die eingebauten Kippschalter gesteuert.

Funktion der Kippschalter: Oben = Stufe 1, Mitte = Aus, Unten = Stufe 2.

Betriebsart 3 (Sunblind 1)

Freie Digital-Eingänge werden über den Modbus abgefragt.
Die Relais-Ausgänge und Digital-Eingänge werden zur Steuerung von 2 Jalousien verwendet.
Verwendung für AC/DC-Motoren mit getrennten Wicklungen zum Öffnen und Schließen.

Relais Klemme 11: Betriebsspannung für Motor 1
Relais Klemme 14: Motor und Endschalter 1 zum Öffnen
Relais Klemme 24: Motor und Endschalter 1 zum Schließen
Relais Klemme 31: Betriebsspannung für Motor 2
Relais Klemme 34: Motor und Endschalter 2 zum Öffnen
Relais Klemme 44: Motor und Endschalter 2 zum Schließen

Bedien-Taster und Schaltkontakte werden an die Digital-Eingänge angeschlossen.

Eingang 1: Jalousie 1 öffnen

Eingang 2: Jalousie 1 schließen
Eingang 3: optionaler Wind-Kontakt (Öffner oder Schließer)
Eingang 4: Jalousie 2 öffnen
Eingang 5: Jalousie 2 schließen
Eingang 6: optionaler Tür-Kontakt (Öffner oder Schließer)

Betriebsart 4 (Sunblind 2)

Freie Digital-Eingänge werden über den Modbus abgefragt.
Die Relais-Ausgänge und Digital-Eingänge werden zur Steuerung einer Jalousie verwendet.
Verwendung für einen DC-Motor, der mit der Polarität die Bewegungs-Richtung ändert.

Relais Klemme 11: Motor mit Endschaltern, Öffnen +, Schließen −
Relais Klemme 14: Betriebsspannung +
Relais Klemme 24: Betriebsspannung −
Relais Klemme 31: Motor mit Endschaltern, Öffnen −, Schließen +
Relais Klemme 34: Betriebsspannung −
Relais Klemme 44: Betriebsspannung +

Bedien-Taster und Schaltkontakte werden an die Digital-Eingänge angeschlossen.

Eingang 1: Jalousie öffnen
Eingang 2: Jalousie schließen
Eingang 3: optionaler Wind-Kontakt (Öffner oder Schließer)
Eingang 6: optionaler Tür-Kontakt (Öffner oder Schließer)

Jalousie-Betriebsarten (Sunblind)

Funktion der Kippschalter: Oben = Stufe 1 / Öffnen, Mitte = Aus, Unten = Stufe 2 / Schließen.

Prioritäten bei der Steuerung der Relais, Wert wird mit Relaiszustand rückgemeldet		
Priorität	Wert	Beschreibung
Höchste	3	Kippschalter im Gerät
	2	Wind- und Tür-Kontakt
	1	Jalousie-Kommando
Niederste	0	Eingänge für Bedien-Tasten

Wenn der optionale Wind-Kontakt aktiv wird, wird die Jalousie geöffnet.
Das Aktivieren des Wind-Kontakts wirkt dabei wie das Jalousie-Kommando 2.

Wenn der optionale Tür-Kontakt aktiv ist, wird das Schließen der Jalousie verhindert.

Für die Bedientasten sind verschiedene Betriebsarten und Zeitkonstanten einstellbar.

Flags im Betriebsart-Register bei Jalousie-Betrieb		
Bit	Wert	Beschreibung
15	0	kein Wind-Kontakt an Eingang 3
	1	Wind-Kontakt an Eingang 3
14	0	Wind-Kontakt ist Schließer
	1	Wind-Kontakt ist Öffner
13	0	kein Tür-Kontakt an Eingang 6
	1	Tür-Kontakt an Eingang 6
12	0	Tür-Kontakt ist Schließer
	1	Tür-Kontakt ist Öffner
10-8	0-3	Kurzer Impuls beginnt mit Tastendruck
	0	Kurzer Impuls endet nach Zeitkonstante-Kurz
	1	Kurzer Impuls endet nach Minimum von Zeitkonstante-Kurz und Tastendruck
	2	Kurzer Impuls endet nach Maximum von Zeitkonstante-Kurz und Tastendruck
	3	Kurzer Impuls endet mit Tastendruck
	4	Kurzer Impuls beginnt am Ende des Tastendrucks, endet nach Zeitkonstante-Kurz
	7	Impuls dauert so lange wie der Tastendruck
	0-4	Langer Impuls beginnt nach Zeitkonstante-Taster, endet nach Zeitkonstante-Lang und endet bei kurzem Tastendruck vorzeitig
	7	Kein langer Impuls

Über den Bus ist eine gleichzeitige Steuerung beider Jalousien mit dem Jalousie-Kommando-Register möglich. Der Ablauf eines Kommandos beginnt, wenn der Register-Inhalt geändert wird.

Codierung der Jalousie-Kommandos	
0	Normal-Betrieb, Steuerung über Bedien-Tasten möglich
1	Relais ausschalten, Steuerung über Bedien-Tasten sperren (Sperre)
2	Langer Impuls zum Öffnen, dann Sperre
3	Langer Impuls zum Schließen, dann Sperre
4	Langer Impuls zum Schließen, dann Rotier-Impuls (Lamellen waagerecht), dann Sperre

MR-AO4

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion “03 (0x03) Read Holding Registers”

Holding Register 0-3:	Ausgabewerte der Ausgänge, Signed Integer16,
Holding Register 4-7:	Grundeinstellungen der Ausgabewerte

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0..7 oder 66
Gültige Anzahl an Register	1..8 oder 1

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2 x Anzahl der Register
Registerwerte 0..7	0x0000 bis 0xFFFF (0x7FFF = 10,24 Volt)

Einheit = 10,24V / 215 = 1V / 3200 = 0,3125 mV

Werte Register 66:
Zeiteinstellung für die Kommunikationsüberwachung mit einer Auflösung von 10 ms.
Registerwert= 0 (0x0000) (Werkseinstellung): keine Kommunikationsüberwachung.
Registerwert= 0x0001 bis 0xFFFF => 0,01 bis 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten

Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register”

Anforderung

Gültige Register Adresse	0..7 oder 66	
Werte Register 0..7	0x0000 bis 0xFFFF	(0x7FFF = 10,24 Volt)
Wert Register 66	0x0000 bis 0xFFFF	(0 to 655.35 Sekunden)

Rückmeldung
Echo der Anforderung

Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0..7 oder 66
Gültige Anzahl an Register	1..8
Gültige Anzahl an Bytes	2 x Anzahl der Register (QoR)
Werte Register 0..7	QoR x 0x0000 bis 0xFFFF (0x7FFF = 10,24 Volt)

Rückmeldung
Funktionscode, Register Startadresse, Anzahl der Register

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-AO4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.4”

MR-AOP4

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion „01 (0x01) Read Coils“
Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs“
Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0 .. 3
Gültige Anzahl an Register	1 .. 4

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	1
Status Bit0 .. Bit3	1 = Handbetrieb 0 = Automatikbetrieb

Modbus-Funktion “03 (0x03) Read Holding Registers”

Holding Register 0-3:	Ausgabewerte der Ausgänge, Signed Integer16,
Holding Register 4-7:	Grundeinstellungen der Ausgabewerte

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0..7 oder 66
Gültige Anzahl an Register	1..8 oder 1

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2 x Anzahl der Register
Werte Register 0..7	0x0000 bis 0xFFFF (0x7FFF = 10,24 Volt)

Einheit = 10,24V / 215 = 1V / 3200 = 0,3125 mV

Werte Register 66:
Zeiteinstellung für die Kommunikationsüberwachung mit einer Auflösung von 10 ms.
Registerwert= 0 (0x0000) (Werkseinstellung): keine Kommunikationsüberwachung.
Registerwert= 0x0001 bis 0xFFFF => 0,01 bis 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten

Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register”

Anforderung

Gültige Register Adresse	0..7 oder 66
Werte Register 0..7	0x0000 bis 0xFFFF (0x7FFF = 10,24 Volt)
Wert Register 66	0x0000 bis 0xFFFF (0 bis 655.35 Sekunden)

Rückmeldung
Echo der Anforderung

Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0..7 oder 66
Gültige Anzahl an Register	1..8
Gültige Anzahl an Bytes	2 x Anzahl der Register (QoR)
Werte Register 0..7	QoR x 0x0000 bis 0xFFFF (0x7FFF = 10,24 Volt)

Rückmeldung

Funktionscode, Register Startadresse, Anzahl der Register

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x07
Objekt Wert	“MR-AOP4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.5”

MR-AI8

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers”

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0 .. 15
Gültige Anzahl an Register	1 .. 16 (1 .. 8 Eingänge)

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2 x Anzahl der Register
Registerwerte der Eingänge	Anzahl der Register x 12 Bytes

Eingang	Register	Information
1	0-1	Die Messwerte werden in je 2 Registern (4 Bytes) geliefert. Der Datentyp in den Registern kann konfiguriert werden. (Siehe Register 16-23) float Messwert benötigt 2 Register (siehe Floating-Point Format) signed int Messwert steht im 1. Register signed int 0 füllt 2. Register auf Solange noch keine Messung erfolgt ist, ist der Messwert 0 Aus 2 Registern zusammengesetzte Datentypen beginnen an der geraden Adresse.
2	2-3	
3	4-5	
4	6-7	
5	8-9	
6	10-11	
7	12-13	
8	14-15	
1..8	70	Zustand der Schwellenwert-Überschreitung aller Eingänge, Bits 0..7

Floating-Point Format

Byte1 Bit7	Byte1 Bit6..0	Byte2 Bit7	Byte2 Bit6..0	Byte3	Byte4
Vorzeichen	Exponent	Exponent	Mantisse	Mantisse	Mantisse

Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs“

Anforderung

Gültige Register Startadresse	0 .. 7
Gültige Anzahl an Register	1 .. 8

Rückmeldung

Anzahl der Bytes	2 x Anzahl der Register
Registerwerte der Eingänge	Anzahl der Register x 12 Bytes

Eingang	Register	Information
1	0	Zustand der Schwellenwert-Überschreitung der jeweiligen Eingänge gemäß der Konfiguration (Bit 8)
2	1	
3	2	
4	3	
5	4	
6	5	
7	6	
8	7	

Coils

Modbus-Funktion “01 (0x01) Read Coils”
Modbus-Funktion “05 (0x05) Write Single Coil”

Adresse	Information
0	Maßeinheit bei den Standard-Temperatur-Sensoren, diese Einstellung gilt für alle Eingänge gemeinsam. 0: Temperatur in °C 1: Temperatur in °F

Einheit Temperatur

Die Messwerte können in den Einheiten °C oder °F in den Input-Registern ausgegeben werden.

Für die Auswahl ist Holding-Register 68 oder Coil 0 zuständig.

Die Auswahl der Temperatur-Einheit gilt für alle aufgelisteten Sensortypen, aber nicht für die Interpolations-Tabelle.

Register zur Konfiguration

Mit den 8 Konfigurations-Registern werden für die 8 Eingänge Eingangsschaltung und Messbereich, Datentyp und Einheit des Messwerts, die Sensor-Kennlinie für übliche Temperatursensoren und der Schwellenwert-Vergleich eingestellt.

Modbus-Funktion „03 (0x03) Read Holding Registers“
Modbus-Funktion „06 (0x06) Write Single Registers“
Modbus-Funktion „16 (0x10) Write Multiple Registers“

Holding Register 0-15:	Offset-Register, wird zum Messwert in je 2 aufeinander folgenden Registern addiert, (Eingang 1 = Register 0-1) Float in beiden oder Signed Integer16 im ersten, wie beim Messwert.
Holding Register 16-23:	Konfigurations-Register (EEPROM), dient zur Einstellung des Messbereichs, des Datentyps des Messwerts (Float / Integer16), der Einheit des Messwerts und der Sensor-Kennlinie (Eingang 1 = Register 16), des Schwellenwert-Vergleichs.
Holding Register 24-63:	Interpolations-Tabellen-Register (EEPROM), abwechselnd Temperatur und Widerstand, Float in je 2 aufeinander folgenden Registern.
Holding Register 68:	Maßeinheit-Temperatur-Register (EEPROM), Bit 0: 0 = Einheit °C 1 = Einheit °F
Holding Register 70-101:	Ein- und Ausschaltschwellen-Register (EEPROM), abwechselnd Ein- und Ausschaltschwelle in je 2 aufeinander folgenden Registern. Float in beiden oder Signed Integer16 im ersten, wie beim Messwert.

Konfigurations-Register bei Messung von Spannung oder Widerstand

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0							SWV	1	Bereich		Nummer				

Bit 15-9: reserviert
Bit 8: SWV: Schwellenwert-Vergleich
0 Register = 1 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 0
1 Register = 0 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 1
Bit 7: 0 = Spannung oder Widerstand
Bit 6-5: Bereich, bestimmt Eingangsschaltung bzw. Messbereich
0 0 Spannung 0-10 V, Werkseinstellung
0 1 Spannung 0-10 V, Pullup 2k an 5 V
1 0 Widerstand
1 1 reserviert
Bit 4-0: Nummer, bestimmt die Darstellung des Messwerts
Bei Spannungsmessung:
0 Messwert mit Datentyp float,
Einheit = 1 V
1 Messwert mit Datentyp signed int,
Einheit = 10,24 V / 2 ^ 15 = 1 V / 3200
= 0,3125 mV
2-31 reserviert für andere Darstellungen
Bei Widerstandsmessung:
0 Messwert mit Datentyp float,
Einheit = 1 Ω
1 Messwert mit Datentyp signed int,
Einheit = 0,1 Ω (maximal 3,2767 kΩ)
2 Messwert mit Datentyp signed int,
Einheit = 1 Ω (maximal 32,767 kΩ)
3 Messwert mit Datentyp signed int,
Einheit = 10 Ω (maximal 327,67 kΩ)
4 Messwert mit Datentyp signed int,
Einheit = 100 Ω (maximal 3276,7 kΩ)
5-31 reserviert für andere Darstellungen

Konfigurations-Register bei Messung von Temperatur

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0							SWV	1	Nummer						Typ

Bit 15-9: reserviert

Bit 8: SWV: Schwellenwert-Vergleich

0 Register = 1 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 0

1 Register = 0 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 1

Bit 7: 1 = Temperatur mit Sensor-Kennlinie

Bit 6-1: Nummer, dient zur Unterscheidung von Sensor und Messbereich

0	Sensor PT100	(-50..150 °C)
1	Sensor PT500	(-50..150 °C)
2	Sensor PT1000	(-50..150 °C)
3	Sensor NI1000-TK5000	(-50..150 °C)
4	Sensor NI1000-TK6180	(-50..150 °C)
5	Sensor BALCO 500	(-50..150 °C)
6	Sensor KTY81-110	(-50..150 °C)
7	Sensor KTY81-210	(-50..150 °C)
8	Sensor NTC-1k8	(-50..150 °C)
9	Sensor NTC-5k	(-50..150 °C)
10	Sensor NTC-10k	(-50..150 °C)
11	Sensor NTC-20k	(-50..150 °C)
12	Sensor LM235	(-40..120 °C)
13	Sensor NTC-10k CAREL	(-50..110 °C)
14-55	reserviert für andere Sensoren	
56-61	Verwendung der Interpolations-Tabelle siehe unten	
62-63	reserviert	

Bit 0: Datentyp des Messwerts

0 float, Einheit 1 °C

1 signed int, Einheit 0,1 °C

Konfigurations-Register bei Verwendung der Interpolations-Tabelle

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0							SWV	1	7			Bereich		Intp	Typ

Bit 15-9: reserviert
Bit 8: SWV: Schwellenwert-Vergleich
0 Register = 1 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 0
1 Register = 0 wenn Messwert > Schwellenwert, sonst 1
Bit 7: 1 Temperatur mit Sensor-Kennlinie
Bit 6-4: 7 Interpolations-Tabelle
Bit 3-2: Bereich, bestimmt Eingangsschaltung bzw. Messbereich
0 0 Spannung 0-10 V
0 1 Spannung 0-10 V, Pullup 2k an 5 V
1 0 Widerstand
1 1 reserviert
Bit 1: Auswahl der Interpolation
0 Sensor-Kennlinie ist ungefähr linear
1 Sensor-Kennlinie ist ungefähr exponentiell (z. B. NTC)
Bit 0: Datentyp des Messwerts
0 float, Einheit 1 °C
1 signed int, Einheit 0,1 °C

Die Konfigurations-Register sind oben so dargestellt, dass die Bedeutung der einzelnen Bits erkennbar ist. Für die Anwendung ist es praktischer, wenn der Registerinhalt als ganzes dargestellt ist. Dafür dient folgende Tabelle (Dez, Hex: **Low-Byte** des Registers):

Dez	Hex	Messbereich Spannung oder Widerstand	Datentyp	Einheit	Maximum
0	0x00	Spannung 0-10 V	float	1 V	10,24 V
1	0x01		signed int	0,3125 mV	
32	0x20	Spannung/Pullup	float	1 V	10,24 V
33	0x21		signed int	0,3125 mV	
64	0x40	Widerstand	float	1 Ω	4 MΩ
65	0x41		signed int	0,1 Ω	3,2767 kΩ
66	0x42		signed int	1 Ω	32,767 kΩ
67	0x43		signed int	10 Ω	327,67 kΩ
68	0x44		signed int	100 Ω	3276,7 kΩ

Temperaturmessung mit Datentyp float:

Dez	Hex	Sensortyp	Datentyp	Einheit	Bereich
128	0x80	Sensor PT100	float	1 °C	-50..150 °C
130	0x82	Sensor PT500			-50..150 °C
132	0x84	Sensor PT1000			-50..150 °C
134	0x86	Sensor NI1000-TK5000			-50..150 °C
136	0x88	Sensor NI1000-TK6180			-50..150 °C
138	0x8A	Sensor BALCO 500			-50..150 °C
140	0x8C	Sensor KTY81-110 NXP			-50..150 °C
142	0x8E	Sensor KTY81-210 NXP			-50..150 °C
144	0x90	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50..150 °C
146	0x92	Sensor NTC-5k Thermokon			-50..150 °C
148	0x94	Sensor NTC-10k Thermokon			-50..150 °C
150	0x96	Sensor NTC-20k Thermokon			-50..150 °C
152	0x98	Sensor LM235			-40..120 °C
154	0x9A	Sensor NTC-10k CAREL			-50..110 °C

Temperaturmessung mit Datentyp signed int (Registernummer um 1 größer als oben):

Dez	Hex	Sensortyp	Datentyp	Einheit	Bereich
129	0x81	Sensor PT100	signed int	0,1 °C	-50..150 °C
131	0x83	Sensor PT500			-50..150 °C
133	0x85	Sensor PT1000			-50..150 °C
135	0x87	Sensor NI1000-TK5000			-50..150 °C
137	0x89	Sensor NI1000-TK6180			-50..150 °C
139	0x8B	Sensor BALCO 500			-50..150 °C
141	0x8D	Sensor KTY81-110 NXP			-50..150 °C
143	0x8F	Sensor KTY81-210 NXP			-50..150 °C
145	0x91	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50..150 °C
147	0x93	Sensor NTC-5k Thermokon			-50..150 °C
149	0x95	Sensor NTC-10k Thermokon			-50..150 °C
151	0x97	Sensor NTC-20k Thermokon			-50..150 °C
153	0x99	Sensor LM235			-40..120 °C
155	0x9B	Sensor NTC-10k CAREL			-50..110 °C

Messung mit Interpolations-Tabelle:

Dez	Hex	Messbereich	Datentyp	Interpolation
240	0xF0	Spannung 0-10 V	float	linear
241	0xF1		signed int	linear
242	0xF2		float	exponentiell
243	0xF3		signed int	exponentiell
244	0xF4	Spannung/Pullup	float	linear
245	0xF5		signed int	linear
246	0xF6		float	exponentiell
247	0xF7		signed int	exponentiell
248	0xF8	Widerstand	float	linear
249	0xF9		signed int	linear
250	0xFA		float	exponentiell
251	0xFB		signed int	exponentiell

Register 24-63 (0x18-0x3F) Interpolations-Tabelle

Für Sensoren, deren Kennlinie nicht schon im Gerät fest hinterlegt ist, kann diese Tabelle zur Umrechnung und Linearisierung der Messwerte verwendet werden. Die Tabelle enthält bis zu 10 Stützstellen der Sensor-Kennlinie, zwischen denen interpoliert wird.
Beispiel: Umrechnung von Widerstand zu Temperatur bei Temperatur-Sensoren.

Der Registerinhalt wird im EEPROM gespeichert.

Die Beschreibung bezieht sich auf Temperatursensoren. Es sind aber auch andere Sensoren als für Temperatur möglich (z. B. Feuchte), und statt Widerstandsmessung ist auch Spannungsmessung möglich.

Im Konfigurations-Register sind diese Eigenschaften einstellbar:

Messbereich:	Spannung Spannung, Pullup 2k an 5 V (z.B. für LM235) Widerstand (Normalfall bei Temperatursensoren)
Interpolation:	Sensor-Kennlinie ungefähr linear Sensor-Kennlinie ungefähr exponentiell (für NTCs)
Messwert-Datentyp:	float (Einheit 1 °C) signed int (Einheit 0,1 °C)

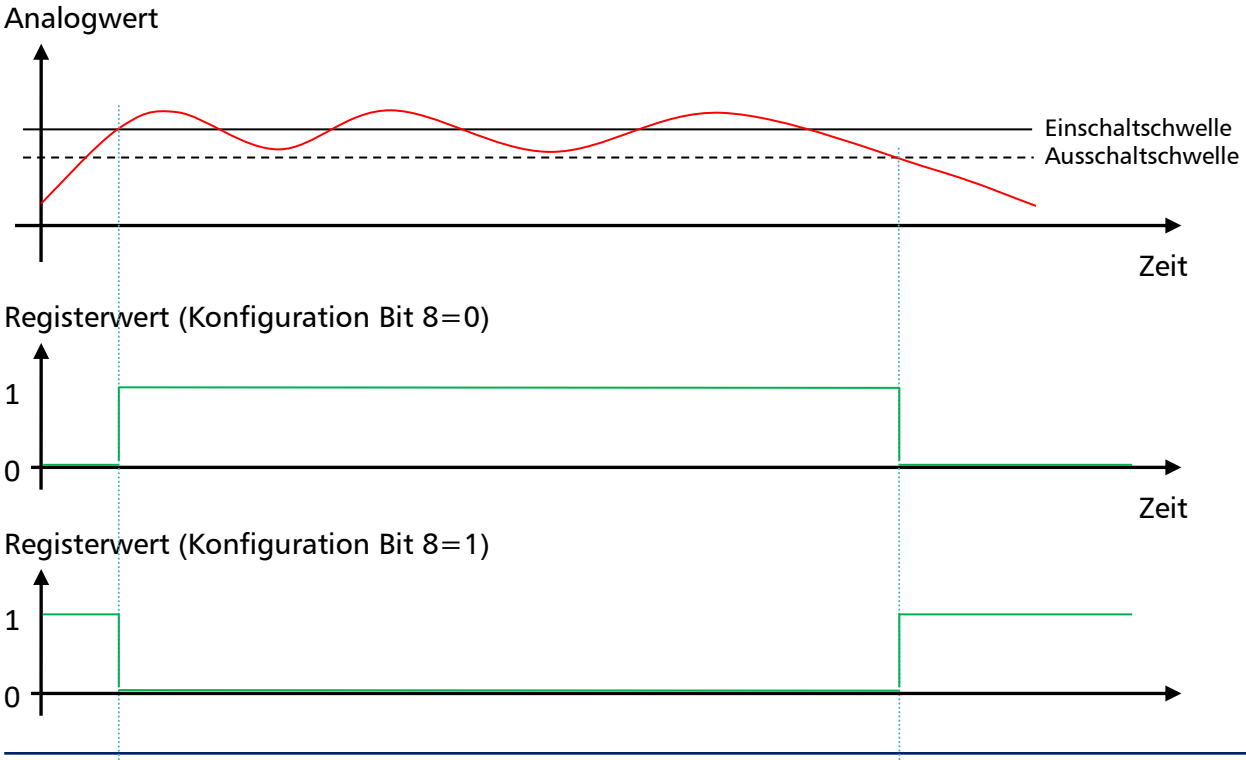
Stützstelle	Register Temperatur	Register Widerstand
1	24-25	26-27
2	28-29	30-31
3	32-33	34-35
4	36-37	38-39
5	40-41	42-43
6	44-45	46-47
7	48-49	50-51
8	52-53	54-55
9	56-57	58-59
10	60-61	62-63

Die Stützstellen werden vom Tabellenanfang her aufgefüllt, maximal 10, und endet mit Temperatur = Widerstand = 0, wenn es weniger Stützstellen gibt. Temperatur- und Widerstandswerte müssen auf- oder absteigend sortiert sein. Somit ist die Kombination 0,0 als Stützstelle nicht erlaubt. Datentyp in den Registern: float Temperatur, float Widerstand.

Ein- und Ausschaltschwelle

Um die digitale Auswertung (0 → 1) einer analogen Messung um einen definierten Wert zu ermöglichen, können alle Analogeingänge mit einem einstellbaren Schwellenwert (einstellbare Ein- und Ausschaltschwelle) verglichen werden. Jedem Analogeingang ist ein Schwellenregister zugeordnet. Hiermit ist eine einfache Auswertung des analogen Messwertes möglich, wenn nur die Information gefordert ist, ob ein Messwert über oder unter einem bestimmten Schwellenwert liegt.
Wenn die Einschaltschwelle überschritten ist, wird 1 (Konfiguration Bit 8 = 0) oder 0 (Konfiguration Bit 8 = 1) im Schwellenregister ausgegeben, je nach Konfiguration. Wenn der Messwert unter die Ausschaltschwelle fällt, wird jeweils 0 (Konfiguration Bit 8 = 0) oder 1 (Konfiguration Bit 8 = 1) ausgegeben. Im auswertenden Programm kann dann das Schwellenregister auf 0 oder 1 geprüft werden, um die geforderte Aktion auszulösen. Die Ein- und Ausschaltschwelle kann für jeden Eingang individuell eingestellt werden und die Angabe erfolgt in der gleichen Einheit wie der analoge Messwert selbst.

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen Ein- und Ausschaltschwelle dargestellt.
Der Registerwert ändert sich, sobald der Analogwert die Einschaltschwelle erreicht hat.
Solange der Analogwert über der Ausschaltschwelle bleibt, wird der Registerwert beibehalten.
Erst wenn der Analogwert unter die Ausschaltschwelle fällt, wird der Registerwert wieder zurückgesetzt.
Die Möglichkeit der Einstellung einer getrennten Ein- und Ausschaltschwelle soll ein Hin- und Herspringen zwischen 0 und 1 des Registerwertes verhindern, wenn der Analogwert um den Schwellenwert schwankt.
Wird dieses Verhalten nicht benötigt, setzt man die Ausschaltschwelle auf den gleichen Wert wie die Einschaltschwelle.



Zeit

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-AI8”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.8”

MR-CI4

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers”

Input Registers	
Adresse	Beschreibung
0 – 3	Messwerte der Eingänge 1-4, Datentyp Signed Integer16, Wertebereiche: Wert 0 = 0 V ,… Wert 32767 = 10,24 V Wert 0 = 0 mA ,… Wert 32767 = 20,48 mA Wert 0 = 4 mA ,… Wert 32767 = 20,38 mA
4	Statusregister Bit 0…7: Stellung der DIP-Schalter 1…8 Bit-Wert 0 = AUS Bit-Wert 1 = EIN Bit 8…11: Status der Eingänge 1…4 Bit-Wert 0 = Spannung < 2 V oder Strom < 4 mA Bit-Wert 1 = Spannung ≥ 2 V oder Strom ≥ 4 mA

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-CI4”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.4”

MR-AIO4/2-IP

Modbus-Funktionen

Funktionen zum Lesen und Schreiben der Register, Adressbereiche in Klammern:

Read Input Registers (0 - 7)

Read Holding Registers (0 - 63, 65, 66, 68)
Write Multiple Registers (0 - 63, 65, 66, 68)
Write Single Register (16 - 23, 65, 66, 68)

Read Holding Registers (100 - 123, 130 - 143, 150 - 173, 180 - 193, 200 - 231)
Write Multiple Registers (100 - 123, 130 - 143, 150 - 173, 180 - 193, 200 - 231)

Datentyp float

Für den Datentyp float werden je 2 Register, also 4 Bytes gebraucht.
Bei Modbus gilt der Grundsatz, dass bei Daten mit mehreren Bytes Länge das höchstwertige zuerst übertragen wird und das niederste zuletzt (Big-Endian).

Wenn für einen Datentyp mehrere Register gebraucht werden, sollten alle gemeinsam in einem Kommando gelesen oder geschrieben werden, damit die Daten konsistent sind.
Auf die Register kann auch einzeln zugegriffen werden, dann muss allerdings vom Anwender sichergestellt werden, dass die Daten konsistent sind, z.B. mit Mehrfach-Abfragen.

Register address	Register + 0		Register + 1	
Bytes in sequence of transmission	Byte 1 High	Byte 2 Low	Byte 3 High	Byte 4 Low
Bit numbers	Bit 31-24	Bit 23-16	Bit 15-8	Bit 7-0
Bits of float values	Sign, Exp 7-1	Exp 0, Mant 22-16	Mant 15-8	Mant 7-0

Hinweis auf ein Kompatibilitäts-Problem:
Bei float sind auf dem Markt 4 verschiedene Reihenfolgen der Bytes in den Registern üblich.

Funktionsblock Analog-Ausgang (AO1-AO2)

Das MR-AIO4/2 hat 2 Analog-Ausgänge für Spannung (0-10 V).
Die Ausgabewerte können je nach Konfiguration als Gleitpunktzahlen (float OutF) oder Ganzzahlen mit 16 Bit und Vorzeichen (int16_t OutI) kodiert sein.

Name	Modbus Holding Register	Adr. AO1	Adr. AO2
OutI	Wert der analogen Ausgänge, Daten Typ int16_t, Bereich: Wert 0 = 0 Volt ,… Wert 32767 = 10,24 Volt	20	21
InitOutI	Default Wert der analogen Ausgänge, Daten Typ int16_t, Werkseinstellung 0, Wird im EEPROM gespeichert	22	23
OutF	Wert der analogen Ausgänge, Daten Typ float, Einheit %, Bereich: Wert 0 % = 0 Volt ,… Wert 102,4 % = 10,24 Volt	138	188
InitOutF	Default Wert der analogen Ausgänge, Daten Typ float, Werkseinstellung 0, Wird im EEPROM gespeichert	122	172
Switch	Auswahl der Ausgangswerte: 0: Modbus Register OutI 1: Modbus Register OutF 2: Ausgang Y vom jeweiligen PID Regler Werkseinstellung 0, Wird im EEPROM gespeichert	100 Bits 4 - 5	100 Bits 6 - 7

Zur Auswahl des Ausgabewerts siehe auch Kapitel „Verschaltung der Funktionsblöcke“ am Ende.

Funktionsblock Bus-Watchdog

Die Verbindung zum Modbus-Master kann mit einem Watchdog-Timer überwacht werden. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht. Wenn der Master oder die Verbindung ausfällt und der Timer abläuft, werden die Ausgänge in ihre Grundeinstellung (sicherer Zustand) geschaltet und die rote LED leuchtet. Mit der Zeitkonstante 0 ist der Watchdog-Timer inaktiv.

Name	Modbus Holding Registers	Adr.
Watchdog	Zeit Konstante der Kommunikationsüberwachung, Daten Typ uint16_t, Auflösung 10 ms, Werkseinstellung 0, Wird im EEPROM gespeichert	66

Beim Einschalten des Geräts und Ablaufen des Watchdog-Timers werden diese Register kopiert:

Ausgangswert		Aktueller Wert
InitOutI_1/2	→	OutI_1/2
InitOutF_1/2	→	OutF_1/2
InitW_1/2	→	W_1/2

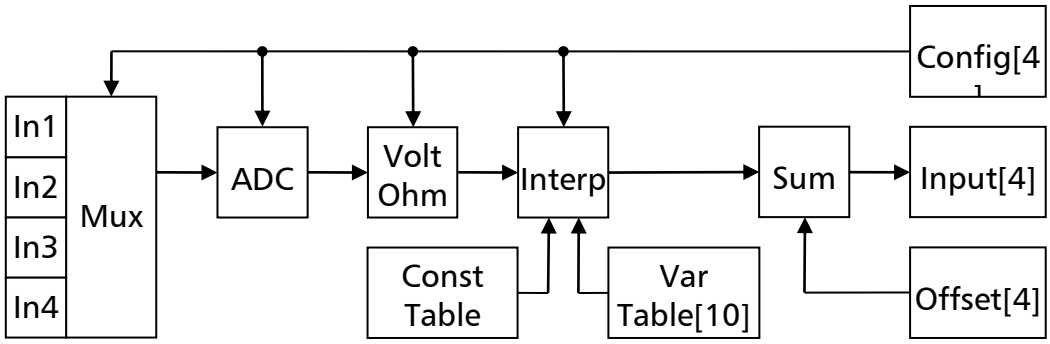
Funktionsblock Analog-Eingang (AI1-AI4)
Übersicht

Das MR-AIO4/2 hat 4 universelle Analog-Eingänge
- für Spannungs-Messung (0 V – 11,5 V)
- und Widerstands-Messung (40 Ohm – 4 MOhm).

Eine Analog/Digital-Wandlung dauert etwa 0,2 Sekunden und an den Eingängen wird abwechselnd gemessen. An jedem Eingang wird im Abstand von etwa 1 Sekunde gemessen, beim Wechsel des Widerstands-Messbereichs dauert der Abstand aber länger, weil mehrfach gemessen wird.

Es gibt Betriebsarten zur Berechnung der Temperatur von üblichen Temperatur-Sensoren. Der Spannungs- oder Widerstands-Messwert wird dazu mit einer Werte-Tabelle und Interpolation in die Temperatur umgerechnet. Es gibt mehrere fest programmierte Tabellen für übliche Sensoren und eine frei programmierbare Tabelle mit bis zu 10 Stützstellen.

Auf den Messwert kann ein Offset addiert werden. Damit kann eine Anpassung an den Sensor und die Zuleitung oder ein Feinabgleich realisiert werden.



In1…In4	Analog-Eingänge
Mux	Eingangs-Umschalter
ADC	Analog/Digital-Wandler
Volt/Ohm	Spannung/Widerstand berechnen
Interp	Interpolation mit Werte-Tabellen

Sum Addition eines Offsets
ConstTable Werte-Tabellen für Standard-Sensoren

Modbus-Register:
Config Konfigurations-Register
Input Messwert-Register
Offset Offset-Register
VarTable Werte-Tabelle für eigenen Sensor-Typ

Modbus-Register

Daten zur Konfiguration bleiben in den Geräten auch bei Stromausfall erhalten. Sie werden in einem EEPROM gespeichert und sind unten entsprechend gekennzeichnet.

Messwerte können je nach Konfiguration als Gleitpunktzahlen (float) oder Ganzzahlen mit 16 Bit und Vorzeichen (int16_t) kodiert sein.

Name	Modbus Input Register (Read-Only)	Adr. AI1	Adr. AI2	Adr. AI3	Adr. AI4
Input	Messwerte in 2 fortlaufenden Registern, float in beiden oder int16_t im ersten Register	0	2	4	6

Name	Modbus Holding Register	AI	Adr.
Offset	Offset Register, wird dem Messwert aufaddiert, in 2 fortlaufenden Registern, float in beiden oder int16_t im ersten, siehe Messwerte, Werkseinstellung 0, wird im EEPROM gespeichert	AI1	0
		AI2	2
		AI3	4
		AI4	6
-	Frei verwendbare Register, Werkseinstellung 0, wird im EEPROM gespeichert	-	8 - 15
Config	Konfigurations-Register, Wird verwendet zur Auswahl des Messbereichs, den Daten Typ des Messwerts (float / int16_t), die Einheit des Messwertes und die Sensor Charakteristik, Werkseinstellung 0 (Volt 0-10V, float), wird im EEPROM gespeichert	AI1	16
		AI2	17
		AI3	18
		AI4	19
VarTable	Variable Umsetungstabelle für die Interpolation, alternativ für die Temperatur und Widerstand, float in jeweils 2 fortlaufenden Registern, Werkseinstellung 0, Wird im EEPROM gespeichert	-	24 - 63
Einheit Temperatur	Maßeinheit bei den Standard-Temperatur-Sensoren, diese Einstellung gilt für alle Eingänge gemeinsam 0: Temperatur in °C 1: Temperatur in °F Werkseinstellung 0, wird im EEPROM gespeichert	-	68

Allgemeines zum Konfigurations-Register

Mit den 4 Konfigurations-Registern werden für die 4 Eingänge Eingangsschaltung und Messbereich, Datentyp und Einheit des Messwerts und die Sensor-Kennlinie für übliche Temperatursensoren eingestellt.

Der Registerinhalt wird im EEPROM gespeichert.

Konfigurations-Register bei Messung von Spannung oder Widerstand

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0								0	Bereich		Nummer				

Bit 15-8: reserviert
Bit 7: 0 = Spannung oder Widerstand
Bit 6-5: Bereich, bestimmt Eingangsschaltung bzw. Messbereich
0 0 Spannung 0-10V
0 1 Spannung 0-10V, Pullup 2k an 5V
1 0 Widerstand
1 1 reserviert

Bit 4-0: Nummer, bestimmt die Darstellung des Messwerts

Bei Spannungsmessung:
0 Messwert mit Datentyp float, Einheit=1V
1 Messwert mit Datentyp signed int, Einheit=10,24V/2^15=1V/3200 =0,3125mV
2-31 reserviert für andere Darstellungen

Bei Widerstandsmessung:
0 Messwert mit Datentyp float, Einheit = 1 Ω
1 Messwert mit Datentyp signed int, Einheit = 0,1 Ω (maximal 3,2767 kΩ)
2 Messwert mit Datentyp signed int, Einheit = 1 Ω (maximal 32,767 kΩ)
3 Messwert mit Datentyp signed int, Einheit = 10 Ω (maximal 327,67 kΩ)
4 Messwert mit Datentyp signed int, Einheit = 100 Ω (maximal 3276,7 kΩ)
5-31 reserviert für andere Darstellungen

Konfigurations-Register bei Messung von Temperatur

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0								1	Nummer						Typ

Bit 15-8: reserviert
Bit 7: 1 = Temperatur mit Sensor-Kennlinie
Bit 6-1: Nummer, dient zur Unterscheidung von Sensor und Messbereich

0	Sensor PT100	(-50..150°C)
1	Sensor PT500	(-50..150°C)
2	Sensor PT1000	(-50..150°C)
3	Sensor NI1000-TK5000	(-50..150°C)
4	Sensor NI1000-TK6180	(-50..150°C)
5	Sensor BALCO 500	(-50..150°C)
6	Sensor KTY81-110	(-50..150°C)
7	Sensor KTY81-210	(-50..150°C)
8	Sensor NTC-1k8	(-50..150°C)
9	Sensor NTC-5k	(-50..150°C)
10	Sensor NTC-10k	(-50..150°C)
11	Sensor NTC-20k	(-50..150°C)
12	Sensor LM235	(-40..120°C)
13	Sensor NTC-10k CAREL	(-50..110°C)
13-55	reserviert für andere Sensoren	
56-61	Verwendung der Interpolations-Tabelle siehe unten	
62-63	reserviert	

Bit 0: Datentyp des Messwerts

0	float, Einheit 1°C
1	signed int, Einheit 0,1°C

Konfigurations-Register bei Verwendung der Interpolations-Tabelle

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0								1	7			Bereich		Intp	Typ

Bit 15-8: reserviert
Bit 7: 1 Temperatur mit Sensor-Kennlinie
Bit 6-4: 7 Interpolations-Tabelle
Bit 3-2: Bereich, bestimmt Eingangsschaltung bzw. Messbereich
0 0 Spannung 0-10V
0 1 Spannung 0-10V, Pullup 2k an 5V
1 0 Widerstand
1 1 reserviert
Bit 1: Auswahl der Interpolation
0 Sensor-Kennlinie ist ungefähr linear
1 Sensor-Kennlinie ist ungefähr exponentiell (z. B. NTC)
Bit 0: Datentyp des Messwerts
0 float, Einheit 1°C
1 signed int, Einheit 0,1°C

Die Konfigurations-Register sind oben so dargestellt, dass die Bedeutung der einzelnen Bits erkennbar ist. Für die Anwendung ist es praktischer, wenn der Registerinhalt als ganzes dargestellt ist. Dafür dient folgende Tabelle:

Dez	Hex	Messbereich Spannung oder Widerstand	Datentyp	Einheit	Maximum
0 1	0x00 0x01	Spannung 0-10V	float signed int	1V 0,3125mV	10,24 V
32 33	0x20 0x21	Spannung/Pullup	float signed int	1V 0,3125mV	10,24 V
64 65 66 67 68	0x40 0x41 0x42 0x43 0x44	Widerstand	float signed int signed int signed int signed int	1 Ω 0,1 Ω 1 Ω 10 Ω 100 Ω	4 MΩ 3,2767 kΩ 32,767 kΩ 327,67 kΩ 3276,7 kΩ

Temperaturmessung mit Datentyp float:

Dez	Hex	Messbereich	Datentyp	Einheit	Maximum
128	0x80	Sensor PT100	float	1°C	-50..150°C
130	0x82	Sensor PT500			-50..150°C
132	0x84	Sensor PT1000			-50..150°C
134	0x86	Sensor NI1000-TK5000			-50..150°C
136	0x88	Sensor NI1000-TK6180			-50..150°C
138	0x8A	Sensor BALCO 500			-50..150°C
140	0x8C	Sensor KTY81-110 NXP			-50..150°C
142	0x8E	Sensor KTY81-210 NXP			-50..150°C
144	0x90	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50..150°C
146	0x92	Sensor NTC-5k Thermokon			-50..150°C
148	0x94	Sensor NTC-10k Thermokon			-50..150°C
150	0x96	Sensor NTC-20k Thermokon			-50..150°C
152	0x98	Sensor LM235			-40..120°C
154	0x9A	Sensor NTC-10k CAREL			-50..110°C

Temperaturmessung mit Datentyp signed int (Registernummer um 1 größer als oben):

Dez	Hex	Messbereich	Datentyp	Einheit	Maximum
129	0x81	Sensor PT100	signed int	0,1°C	-50..150°C
131	0x83	Sensor PT500			-50..150°C
133	0x85	Sensor PT1000			-50..150°C
135	0x87	Sensor NI1000-TK5000			-50..150°C
137	0x89	Sensor NI1000-TK6180			-50..150°C
139	0x8B	Sensor BALCO 500			-50..150°C
141	0x8D	Sensor KTY81-110 NXP			-50..150°C
143	0x8F	Sensor KTY81-210 NXP			-50..150°C
145	0x91	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50..150°C
147	0x93	Sensor NTC-5k Thermokon			-50..150°C
149	0x95	Sensor NTC-10k Thermokon			-50..150°C
151	0x97	Sensor NTC-20k Thermokon			-50..150°C
153	0x99	Sensor LM235			-40..120°C
155	0x9B	Sensor NTC-10k CAREL			-50..110°C

Messung mit Interpolations-Tabelle:

Dez	Hex	Messbereich	Datentyp	Interpolation
240	0xF0	Spannung 0-10V	float	linear
241	0xF1		signed int	linear
242	0xF2		float	exponentiell
243	0xF3		signed int	exponentiell
244	0xF4	Spannung/Pullup	float	linear
245	0xF5		signed int	linear
246	0xF6		float	exponentiell
247	0xF7		signed int	exponentiell
248	0xF8	Widerstand	float	linear
249	0xF9		signed int	linear
250	0xFA		float	exponentiell
251	0xFB		signed int	exponentiell

Register 24-63 (0x18-0x3F) Interpolations-Tabelle

Für Sensoren, deren Kennlinie nicht schon im Gerät fest hinterlegt ist, kann diese Tabelle zur Umrechnung und Linearisierung der Messwerte verwendet werden. Die Tabelle enthält bis zu 10 Stützstellen der Sensor-Kennlinie, zwischen denen interpoliert wird.
Beispiel: Umrechnung von Widerstand zu Temperatur bei Temperatur-Sensoren.

Der Registerinhalt wird im EEPROM gespeichert.

Die Beschreibung bezieht sich auf Temperatursensoren. Es sind aber auch andere Sensoren als für Temperatur möglich (z. B. Feuchte), und statt Widerstandsmessung ist auch Spannungsmessung möglich.

Im Konfigurations-Register sind diese Eigenschaften einstellbar:

Messbereich:	Spannung
	Spannung, Pullup 2k an 5 V (z.B. für LM235)
	Widerstand (Normalfall bei Temperatursensoren)
Interpolation:	Sensor-Kennlinie ungefähr linear
	Sensor-Kennlinie ungefähr exponentiell (für NTCs)
Messwert-Datentyp:	float (Einheit 1 °C)
	signed int (Einheit 0,1 °C)

Stützstelle	Register	Register
	Temperatur	Widerstand
1	24-25	26-27
2	28-29	30-31
3	32-33	34-35
4	36-37	38-39
5	40-41	42-43
6	44-45	46-47
7	48-49	50-51
8	52-53	54-55
9	56-57	58-59
10	60-61	62-63

Die Stützstellen werden vom Tabellenanfang her aufgefüllt, maximal 10, und endet mit Temperatur = Widerstand = 0, wenn es weniger Stützstellen gibt. Temperatur- und Widerstandswerte müssen auf- oder absteigend sortiert sein. Somit ist die Kombination 0,0 als Stützstelle nicht erlaubt. Datentyp in den Registern: float Temperatur, float Widerstand.

Einheit Temperatur

Die Messwerte können in den Einheiten °C oder °F in den Input-Registern ausgegeben werden.

Für die Auswahl ist Holding-Register 68 zuständig.

Die Auswahl der Temperatur-Einheit gilt für alle aufgelisteten Sensortypen, aber nicht für die Interpolations-Tabelle.

Funktionsblock PID-Regler (PID1-PID2)

Allgemeines zum Regler-Typ

Das MR-AIO4/2 enthält 2 PID-Regler für Anwendungen zur Temperatur-Regelung.

T1-Filter

Ein idealer PID-Regler bereitet wegen dem Differenzier-Anteil Probleme:

- Schnelle Änderungen am Eingang führen zur Begrenzung am Regler-Ausgang, und damit zu nichtlinearem Verhalten. (Das kann eventuell auch erwünscht sein.)
- Rauschen und andere Störungen der Eingangs-Messwerte werden verstärkt.

Deshalb werden reale PID-Regler mit einem zusätzlichen T1-Filter mit kleiner Zeitkonstante T1 realisiert (PIDT1-Regler). Das Filter kann nur dem D-Anteil zugeordnet sein oder auch den P-, I- und D-Anteilen gemeinsam. Bei diesem Regler gilt es nur für den D-Anteil.

Differenzierer-Eingang

Der D-Anteil kann umschaltbar aus der Differenz von Sollwert und Istwert ± (X – W) oder direkt aus dem Istwert ± X berechnet werden. Eine schnelle Änderung des Sollwerts wirkt sich nicht auf den Ausgang aus, wenn der Istwert direkt verwendet wird.

Differential-Gleichung

Diese Differential-Gleichung dient zur Definition der Funktion und Variablen:

$$Y = Yp + Yi + Ydt$$

$$Yp = Fp \cdot Xw$$

$$Yi = Fp \cdot \frac{1}{Ti} \cdot \int_0^t (Xw)\,d\tau$$

$$Ydt + T1 \cdot \frac{d(Ydt)}{dt} = Fp \cdot Td \cdot \frac{d(Xwd)}{dt}$$

mit

W = Sollwert	Yi = Integral-Anteil
X = Istwert	Ydt = Differential-Anteil gefiltert
Xw = Differenz ± (X – W)	Fp = Verstärkung
Xwd = Xw oder ± X	Ti = Integrier-Zeitkonstante, Nachstellzeit
Y = Regler-Ausgang	Td = Differenzier-Zeitkonstante, Vorhaltzeit
Yp = Proportional-Anteil	T1 = Filter-Zeitkonstante

Ausgangs-Begrenzung

Der I-Anteil Yi und der Ausgang Y werden auf die Konstanten Ymin und Ymax begrenzt.
Zusätzlich wird der Ausgang Y auf während des Betriebs veränderbare Werte begrenzt.
Regler PID1 hat den Eingang Amin, mit dem sein Ausgang Y nach unten begrenzt werden kann.
Regler PID2 hat den Eingang Bmax, mit dem sein Ausgang Y nach oben begrenzt werden kann.

Dead-Range

Mit diesem Parameter können ständige kleine Änderungen am Ausgang Y vermieden werden. Diese könnten sonst zum Verschleiß eines Ventils führen, das vom Ausgang gesteuert wird. Der Ausgang Y ändert sich erst, wenn die Änderung größer als DeadR ist, und bleibt sonst konstant.

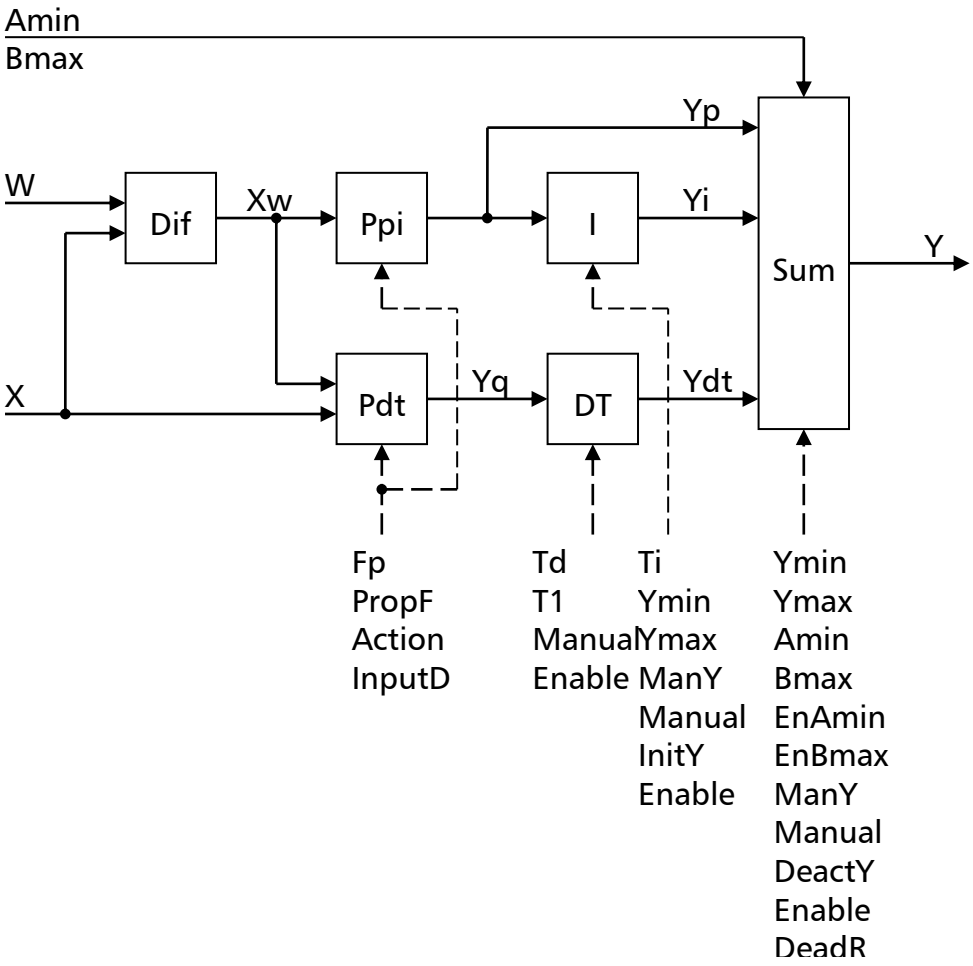
Handbetrieb

Im Automatik-Betrieb wird der Wert am Ausgang Y ständig auch in Register ManY gespeichert.
Wenn der Regler in den Handbetrieb gebracht wird, bleibt er auf seinem letzten Wert stehen.
Durch Änderung von ManY im Handbetrieb wird der Ausgang Y auf den neuen Wert gesetzt.
Wenn der Handbetrieb endet, beginnt der Ausgang Y vom aktuellen Wert an zu regeln.

Aktivität

Der Regler kann aktiv oder inaktiv gesetzt werden.
Wenn er inaktiv ist, wird der Ausgang Y dauernd auf den Wert DeactY gesetzt.
Wenn er aktiviert wird, beginnt der Ausgang Y mit dem Wert InitY zu regeln.

Regler-Struktur



Regler-Algorithmus

(Parameter):	if (PropF)	Fp = (Ymax – Ymin) / Fp_Xp	
	else	Fp = Fp_Xp	
Block Dif:		Xw = X – W	
Block Ppi:		Yp = Fp * Xw	
	if (Action)	Yp = – Yp	
Block Pdt:	if (InputD)	Yq = Fp * X	
	else	Yq = Fp * Xw	
	if (Action)	Yq = – Yq	
Block I:		Yi = Yi_1	
	if (Enable 0 –> 1)	Yi = InitY – Yp	(Start PID)
	if (Manual 1 –> 0)	Yi = ManY – Yp	(Auto PID)
	if (Ti > 0)	Yi = Yi + Yp * Te / Ti	
	if (Yi < Ymin)	Yi = Ymin	
	if (Yi > Ymax)	Yi = Ymax	
	if (!Enable)	Yi = 0	
	if (Manual)	Yi = 0	
Block DT:		Yd = 0	
	if (Td > 0)	Yd = (Yq – Yq_1) * Td / Te	
		Ydt = Yd	
	if (T1 > 0)	Ydt = Ydt_1 + (Yd – Ydt_1) * Te / T1	
	if (!Enable)	Ydt = 0	
	if (Manual)	Ydt = 0	
Block Sum:		Ys = Yp + Yi + Ydt	
	if (Ys < Ymin)	Ys = Ymin	
	if (Ys > Ymax)	Ys = Ymax	
	if (EnAmin)	if (Ys < Amin) Ys = Amin	(nur PID1)
	if (EnBmax)	if (Ys > Bmax) Ys = Bmax	(nur PID2)
	if (Manual)	Ys = ManY	
	if (!Enable)	Ys = DeactY	
	if (!Manual)	ManY = Ys	
		if (|Y – Ys| > DeadR) Y = Ys	

(Time Step Te): Yi_1 = Yi, Yq_1 = Yq, Ydt_1 = Ydt

Modbus-Register

Die Regler-Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert. Sie sind über folgende Modbus-Register zugänglich.

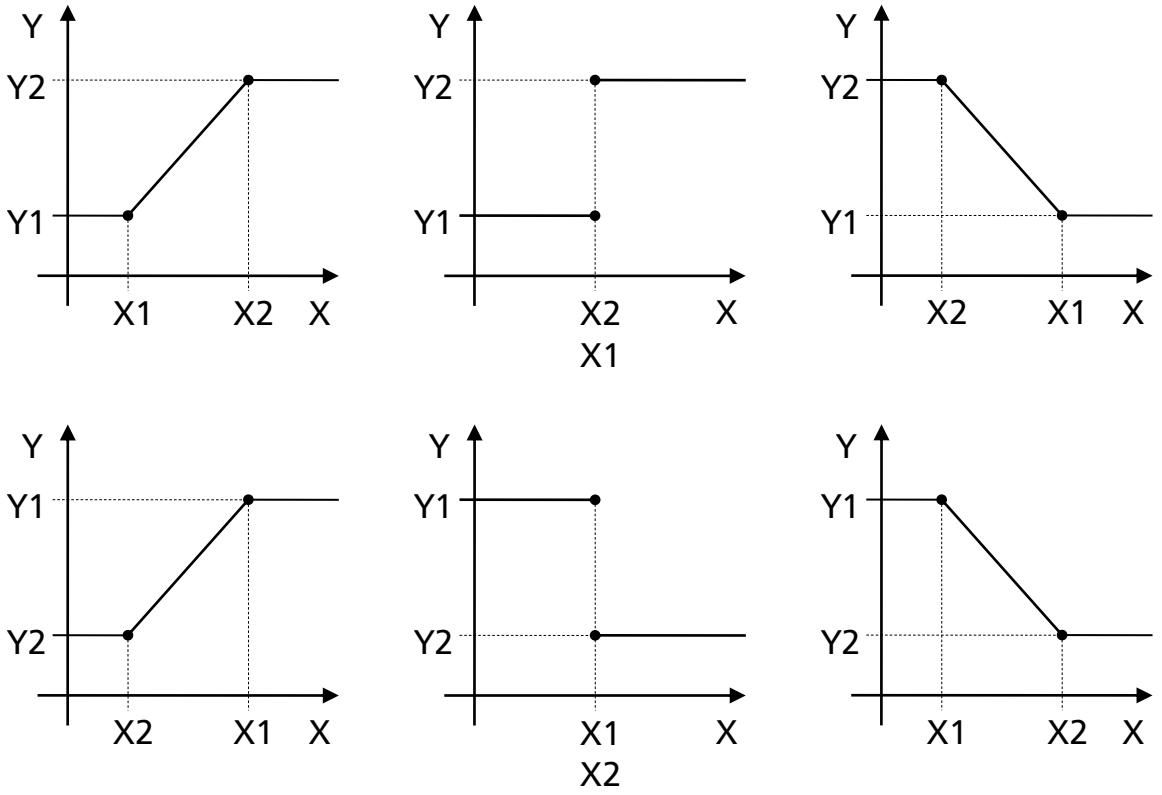
Name	Konfigurationsregister, (Modbus Holding Registers)	Adr. PID1	Adr. PID2
Mode	Option Flags für Betriebsart:	101	151
.Enable	Controlleraktivierung. 0: Controller ist inaktiv 1: Controller ist aktiv (Werkseinstellung)	Bit 0	Bit 0
.PropF	Spezifikation Proportionalitätsfaktor. 0: Verstärkung Fp (Werkseinstellung) 1: Bereich Xp	Bit 1	Bit 1
.Action	Verwendung der Differenz Xw = ± (X – W) direkt oder negiert. 0: Differenz direkt verwendet, Xw = + (X – W) 1: Differenz negiert verwendet, Xw = – (X – W) (Werkseinst.)	Bit 2	Bit 2
.InputD	Der differenzielle Teil kann von Xw oder X berechnet werden. 0: D-Teil berechnet von ± Xw (Werkseinstellung) 1: D- Teil berechnet von ± X	Bit 3	Bit 3
.EnAmin	Minimum Eingabe Amin (nur PID1). 0: Sperren (Werkseinstellung) 1: Freigeben	Bit 4	---
.EnBmax	Maximum Eingabe Bmax (nur PID2). 0: Sperren (Werkseinstellung) 1: Freigeben	---	Bit 4
.Manual	0: Automatikbetrieb (Werkseinstellung) 1: Manueller Betrieb	Bit 5	Bit 5
Fp_Xp	Spezifikation Proportionalitätsfaktor in einem von 2 Wegen: - Verstärkung Fp (Werkseinstellung 3, Unit % / °C) - Bereich Xp (Unit °C) Beziehung: Fp * Xp = (Ymax – Ymin)	102	152
Ti	Zeit für Integration (Werkseinstellung 300, Unit s)	104	154
Td	Zeit für die Differenzierung (Werkseinstellung 1, Unit s)	106	156
T1	Zeit für Filterung (Werkseinstellung 10, Unit s)	108	158
Ymin	Obergrenze für Ausgabe Y (Unit %)	110	160
Ymax	Untergrenze für Ausgabe Y (Unit %)	112	162
DeadR	Leerlaufbereich für Ausgabe Y, Y ändert sich in Mindestschritten von DeadR (Unit %)	114	164
DeactY	Y Wert wenn der Controller inaktiv ist. (Werks. 0, Unit %)	116	166
InitY	Y Startwert wenn der Controller aktiv geschalten ist. (Werkseinstellung 0, Unit %)	118	168

Name	Visualisierung / Kontrollregister (Modbus Holding Registers)		Adr. PID1	Adr. PID2
Yp	Proportionaler Teil	(Unit %, Nur Lesen)	130	180
Yi	Integraler Teil	(Unit %, Nur Lesen)	132	182
Ydt	Differenzieller Teil, gefiltert	(Unit %, Nur Lesen)	134	184
ManY	Y Wert bei manuellem Betrieb	(Unit %)	142	192

Funktionsblock Lineare Abbildung mit Begrenzung (LCL1-LCL4)

Beschreibung LCL1 - LCL2

Der Funktionsblock hat den Eingang X und den Ausgang Y. Zwischen zwei Grenzen (X1, X2) werden die Eingangwerte linear auf die Ausgangswerte (Y1…Y2) abgebildet. Außerhalb der Grenzen sind die Ausgangswerte auf Y1 oder Y2 begrenzt.



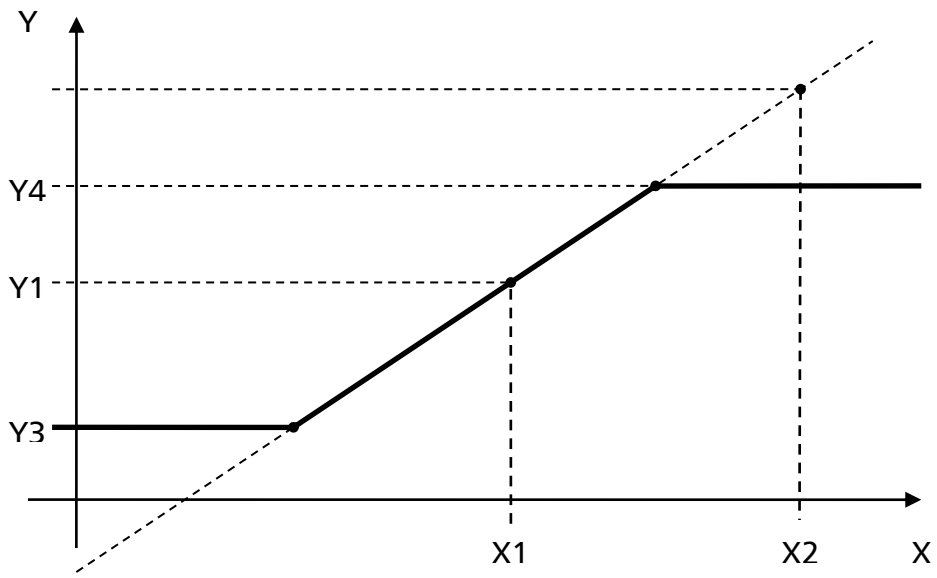
Modbus-Register

Die Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert.
Separate Holding-Register für jeden Funktionsblock LCL1…LCL2:

Name	Konfigurationsregister, gespeichert im EEPROM (Modbus Holding Registers)		Adr. LCL1	Adr. LCL2
Y1	Point1, Ausgabe Y	(Werkseinstellung 0)	200	208
Y2	Point2, Ausgabe Y	(Werkseinstellung 100)	202	210
X1	Point1, Eingabe X	(Werkseinstellung 0)	204	212
X2	Point2, Eingabe X	(Werkseinstellung 100)	206	214

Beschreibung LCL3 - LCL4

Der Funktionsblock hat den Eingang X und den Ausgang Y. Zwei Punkte (X1, Y1) und (X2, Y2) bestimmen, wie die Eingangwerte linear auf die Ausgangswerte abgebildet werden.
Die Ausgangswerte werden auf Y3 (Minimum) oder Y4 (Maximum) begrenzt.

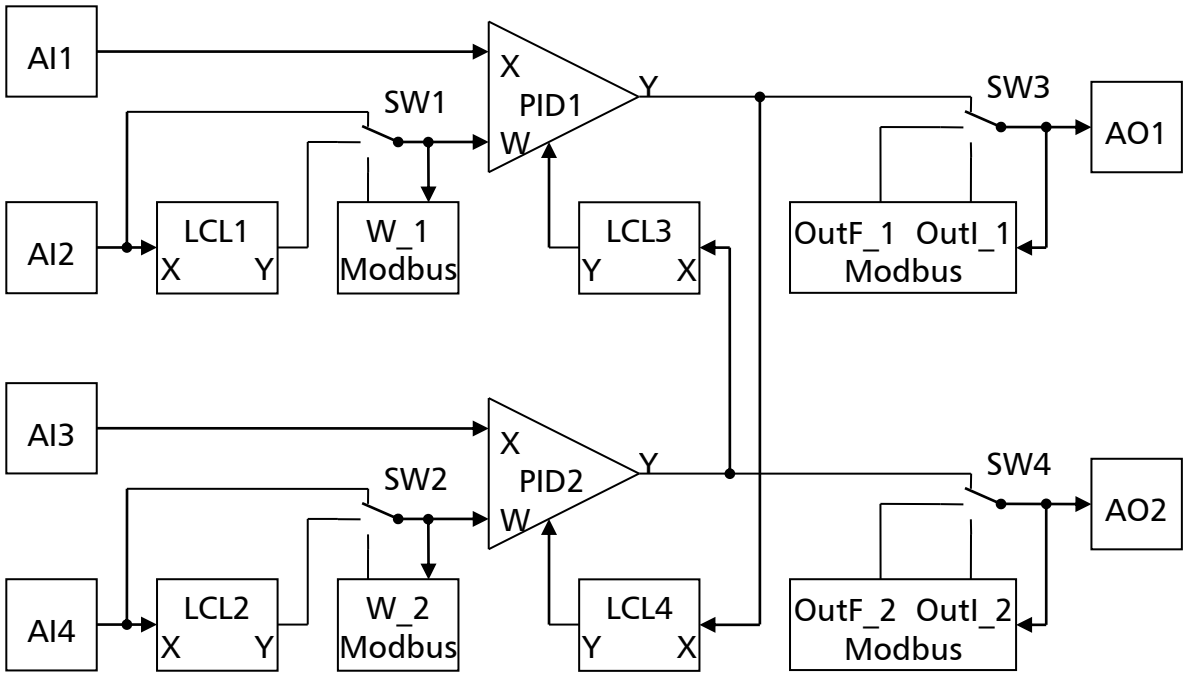


Modbus-Register

Die Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert. Separate Holding-Register für jeden Funktionsblock LCL1…LCL4:

Name	Konfigurationsregisters, gespeichert im EEPROM (Modbus Holding Registers)		Adr. LCL3	Adr. LCL4
Y1	Point1, Ausgabe Y	(Werkseinstellung 0)	216	228
Y2	Point2, Ausgabe Y	(Werkseinstellung 100)	218	230
X1	Point1, Eingabe X	(Werkseinstellung 0)	220	232
X2	Point2, Eingabe X	(Werkseinstellung 100)	222	234
Y3	Untergrenze von Ausgabe Y	(Werkseinstellung 0)	224	236
Y4	Obergrenze von Ausgabe Y	(Werkseinstellung 100)	226	238

Verschaltung der Funktionsblöcke
Übersicht



Sollwert und Istwert können je nach der Betriebsart von den Analog-Eingängen kommen. Diese liefern Werte in den Einheiten Volt, Ohm oder Grad Celsius. Bei Verwendung des Funktionsblocks Linear Conversion / Limit oder der frei programmierbaren Interpolations-Tabelle im Analog-Eingang ist eine Anpassung an andere Wertebereiche und Einheiten am Regler-Eingang möglich.

Wenn der Regler-Sollwert über den Modbus eingestellt wird, gibt es 2 getrennte Register:
- Der Anfangs-Sollwert InitW_1/2 wird dauerhaft im EEPROM gespeichert.
- Über den Modbus ist der Sollwert W_1/2 jederzeit schreibbar und lesbar.

Der Ausgabewert für einen Analog-Ausgang kann aus den Registern OutI und OutF oder einem PID-Regler kommen. Bei jeder Auswahl wird der ausgegebene Wert in OutI und OutF gemeldet.

Beim Einschalten des Geräts und Ablaufen des Watchdog-Timers werden diese Register kopiert:

Grundeinstellung		Aktueller Wert
InitOutI_1/2	→	OutI_1/2
InitOutF_1/2	→	OutF_1/2
InitW_1/2	→	W_1/2

Modbus-Register

Jeweils einem Ausgang und 2 Eingängen ist ein PID-Regler zugeordnet.
Ein Register enthält Felder für die im Bild gezeigten Schalter.
Andere Register enthalten den Sollwert und den Ausgangswert.

Name	Konfigurationsregister, gespeichert im EEPROM (Modbus Holding Registers)	Adr.
Switch	Signalauswahl (Werkseinstellung 0)	100
.SW1	Auswahl Sollwert W für Controller PID1: 0: Analogeingang In2 1: Analogeingang In2 mit linearer Umwandlung / Grenze LCL1 2: Modbus Register W_1 Der Sollwert W wird immer im Modbus Register W_1 angezeigt.	Bits 0 – 1
.SW2	Auswahl Sollwert W für Controller PID2: 0: Analogeingang In4 1: Analogeingang In4 mit linearer Umwandlung / Grenze LCL2 2: Modbus Register W_2 Der Sollwert W wird immer im Modbus Register W_2 angezeigt.	Bits 2 – 3
.SW3	Auswahl des Ausgabewertes für Analogausgang Out1: 0: Modbus Register OutI_1 (int16_t) 1: Modbus Register OutF_1 (float %) 2: Ausgabewert Y von Controller PID1 Der Ausgabewert wird immer in beiden Modbus Registern angezeigt.	Bits 4 – 5
.SW4	Auswahl des Ausgabewertes für Analogausgang Out2: 0: Modbus Register OutI_2 (int16_t) 1: Modbus Register OutF_2 (float %) 2: Ausgabewert Y von Controller PID2 Der Ausgabewert wird immer in beiden Modbus Registern angezeigt.	Bits 6 – 7
InitW_1	Vorgabe Sollwert für Controller PID1 (Werkseinstellung 0, Unit °C)	120
InitW_2	Vorgabe Sollwert für Controller PID2 (Werkseinstellung 0, Unit °C)	170

Name	Visualisierung / Kontrollregister (Modbus Holding Registers)		Adr.
W_1	Sollwert W für Controller PID1	(Unit °C)	136
W_2	Sollwert W für Controller PID2	(Unit °C)	186
Amin	Minimum Wert für PID1	(Unit %, Nur Lesen)	140
Bmax	Maximum Wert für PID2	(Unit %, Nur Lesen)	190

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x09
Objekt Wert	“MR-AIO4/2”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	”V1.4”

MR-AIO4/4-IP

Das MR-AIO4/4-IP65 hat 4 universelle Analog-Eingänge für Spannung 0…10V, Widerstand 0Ω…10MΩ oder Strom 0…20mA und 4 Analog-Ausgänge für 0…10V oder 0…20mA.
Es gibt Betriebsarten zur Berechnung der Temperatur von üblichen Temperatursensoren.
Je 2 Eingänge und ein Ausgang können zu einem von 2 PID-Reglern kombiniert werden.

Die Messwerte, Betriebsarten, Konstanten und Ausgabewerte werden über eine RS485-Schnittstelle mit dem Protokoll Modbus-RTU gelesen und geschrieben.

In diesem Text werden nur die Register dieses Geräts beschrieben.
Für allgemeine Eigenschaften siehe „Allgemein geltende Kommandos“.

Modbus-Funktionen

Funktion Diagnostics dient zum Prüfen der Modbus-Kommunikation.

Funktion Read Device Identification liefert folgende Daten zur Identifikation des Geräts:

VendorName = "METZ CONNECT GmbH"
ProductCode = "MR-AIO4/4"
MajorMinorRevision = "V2.0"

Funktionen zum Lesen und Schreiben der Register, Adressbereiche in Klammern:

Read Input Registers	(0 - 7)
Read Holding Registers	(0 - 63, 65 - 66, 68, 70 - 81)
Write Multiple Registers	(0 - 63, 65, 66, 68, 70 - 81)
Write Single Register	(16 - 23, 65, 66, 68, 70 - 73)
Read Holding Registers	(100 - 123, 130 - 143, 150 - 173, 180 - 193, 200 - 231)
Write Multiple Registers	(100 - 123, 130 - 143, 150 - 173, 180 - 193, 200 - 231)

Datentyp float

Für den Datentyp float werden je 2 Register, also 4 Bytes gebraucht.
Bei Modbus gilt der Grundsatz, dass bei Daten mit mehreren Bytes Länge das höchstwertige zuerst übertragen wird und das niederste zuletzt (Big-Endian).

Wenn für einen Datentyp mehrere Register gebraucht werden, sollten alle gemeinsam in einem Kommando gelesen oder geschrieben werden, damit die Daten konsistent sind.

Auf die Register kann auch einzeln zugegriffen werden, dann muss allerdings vom Anwender sichergestellt werden, dass die Daten konsistent sind, z.B. mit Mehrfach-Abfragen.

Register address	Register + 0		Register + 1	
Bytes in sequence of transmission	Byte 1 High	Byte 2 Low	Byte 3 High	Byte 4 Low
Bit numbers	Bit 31-24	Bit 23-16	Bit 15-8	Bit 7-0
Bits of float values	Sign, Exp 7-1	Exp 0, Mant 22-16	Mant 15-8	Mant 7-0

Hinweis auf ein Kompatibilitäts-Problem:
Bei float sind auf dem Markt 4 verschiedene Reihenfolgen der Bytes in den Registern üblich.

Funktionsblock Modbus

Baudrate und Parität können mit einem Modbus-Kommando oder den Drehschaltern eingestellt werden. Wenn einer der Codes ungültig ist, erfolgt keine Einstellung und Speicherung.

Name	Modbus Holding Registers	Adr.
BaudCode	Codes for baud rate and parity Bit 0-3: Code for baud rate Code 0x01 0x02 0x03 0x04 0x05 0x06 0x07 0x08 Baud 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200 Bit 4-7: Code for parity Code 0x10 0x20 0x30 Parity Even Odd None Bit 8-15: Magic number The value 0x53 allows changes using the Write-Single/Multiple-Register commands, with this register being the only one written to. When reading, the value 0x00 is reported. Factory default 0x0015 (19200 baud, even parity), storage in EEPROM	65

Drehschalter für Baudrate, Parität und Busadresse

An den Drehschaltern werden Baudrate und Parität so eingestellt:

Drehschalter X10 auf D stellen (Modbus-Geräte-Adresse ungültig)

Am Drehschalter X1 die Parität einstellen, siehe Tabelle oben
Drehschalter X10 auf E stellen
Nach 1 Sekunde wird gespeichert, rote und grüne LED blinken abwechselnd

Drehschalter X10 auf D stellen (Modbus-Geräte-Adresse ungültig)

Am Drehschalter X1 die Baudrate einstellen, siehe Tabelle oben

Drehschalter X10 auf F stellen

Nach 1 Sekunde wird gespeichert, rote und grüne LED blinken abwechselnd

Drehschalter X10 auf D stellen (Modbus-Geräte-Adresse ungültig)

Mit Drehschalter X1 und danach X10 die Geräte-Adresse einstellen

Funktionsblock Analog-Ausgang (AO1-AO4)

Das MR-AIO4/4 hat 4 Analog-Ausgänge für Spannung (0-10 V) oder Strom (0-20 mA).
Zwischen Spannung und Strom wird mit Steckbrücken umgeschaltet.
Die Ausgabewerte können je nach Konfiguration als Gleitpunktzahlen (float OutF) oder Ganzzahlen mit 16 Bit und Vorzeichen (int16_t OutI) kodiert sein.

Name	Modbus Holding Registers	Adr. AO1	Adr. AO2	Adr. AO3	Adr. AO4
OutI	Values of analog outputs, data type int16_t, range U: value 0 = 0 Volt … value 32767 = 10,24 Volt range I: value 0 = 0 mA … value 32767 = 20,48 mA	20	21	70	71
InitOutI	Default values of analog outputs, data type int16_t, factory default 0, storage in EEPROM	22	23	72	73
OutF	Values of analog outputs, data type float, unit %, range U: value 0 = 0 Volt … value 102,4 = 10,24 Volt range I: value 0 = 0 mA … value 102,4 = 20,48 mA	138	188	74	76
InitOutF	Default values of analog outputs, data type float, factory default 0, storage in EEPROM	122	172	78	80
Switch	Selection of output value: 0: Modbus register OutI 1: Modbus register OutF 2: Output Y of respective PID controller (only AO1-2) factory default 0, storage in EEPROM	100 Bits 4 - 5	100 Bits 6 - 7	100 Bit 8	100 Bit 10

Zur Auswahl des Ausgabewerts siehe auch Kapitel „Verschaltung der Funktionsblöcke“ am Ende.

Funktionsblock Bus-Watchdog

Die Verbindung zum Modbus-Master kann mit einem Watchdog-Timer überwacht werden. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht. Wenn der Master oder die Verbindung ausfällt und der Timer abläuft, werden die Ausgänge in ihre Grundeinstellung (sicherer Zustand) geschaltet und die rote LED leuchtet. Mit der Zeitkonstante 0 ist der Watchdog-Timer inaktiv.

Name	Modbus Holding Registers	Adr.
Watchdog	Time constant of communication monitoring, data type uint16_t, resolution 10 ms, factory default 0, storage in EEPROM	66

Beim Einschalten des Geräts und Ablaufen des Watchdog-Timers werden diese Register kopiert:

Default value		Actual value
InitOutI_1-4	→	OutI_1-4
InitOutF_1-4	→	OutF_1-4
InitW_1-2	→	W_1-2

Funktionsblock Analog-Eingang (AI1-AI4)

Übersicht

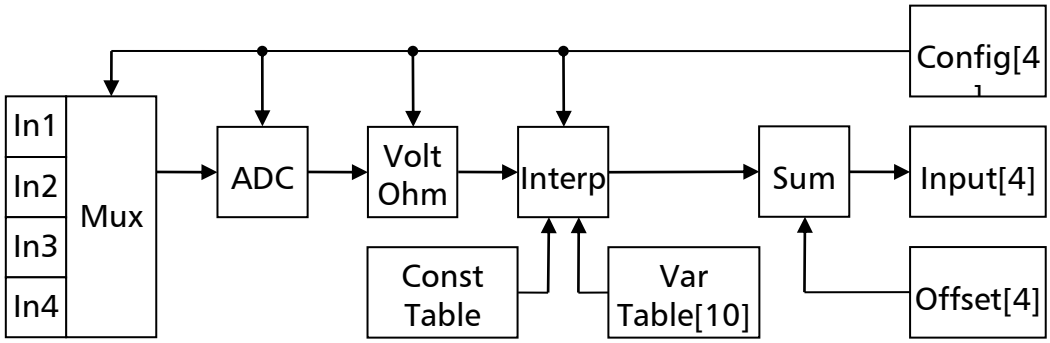
Das MR-AIO4/4 hat 4 universelle Analog-Eingänge
- für Spannungs-Messung (0 – 11,5 V)
- oder Strom-Messung (0 – 23 mA)
- oder Widerstands-Messung (0 Ω – 10 MΩ).

Nur bei Strommessung den Shunt-Widerstand 200 Ω am Eingang per Steckbrücke zuschalten.

Eine Analog/Digital-Wandlung dauert etwa 0,25 Sekunden und die Eingänge werden abwechselnd gemessen. An jedem Eingang wird im Abstand von etwa 1,25 Sekunden gemessen, beim Wechsel des Widerstands-Messbereichs dauert der Abstand aber länger, weil mehrfach gemessen wird.

Es gibt Betriebsarten zur Berechnung der Temperatur von üblichen Temperatur-Sensoren. Der Spannungs-, Strom- oder Widerstands-Messwert wird dazu mit einer Werte-Tabelle und Interpolation in die Temperatur umgerechnet. Es gibt mehrere fest programmierte Tabellen für übliche Sensoren und eine frei programmierbare Tabelle mit bis zu 10 Stützstellen.

Auf den Messwert kann ein Offset addiert werden. Damit kann eine Anpassung an den Sensor und die Zuleitung oder ein Feinabgleich realisiert werden.



In1…In4 Analog-Eingänge
Mux Eingangs-Umschalter
ADC Analog/Digital-Wandler
Volt/mA/Ohm Spannung/Strom/Widerstand berechnen
Interp Interpolation mit Werte-Tabellen
Sum Addition eines Offsets
ConstTable Werte-Tabellen für Standard-Sensoren

Modbus-Register:
Config Konfigurations-Register
Input Messwert-Register
Offset Offset-Register
VarTable Werte-Tabelle für eigenen Sensor-Typ

Modbus-Register

Daten zur Konfiguration bleiben in den Geräten auch bei Stromausfall erhalten. Sie werden in einem EEPROM gespeichert und sind unten entsprechend gekennzeichnet.

Messwerte können je nach Konfiguration als Gleitpunktzahlen (float) oder Ganzzahlen mit 16 Bit und Vorzeichen (int16_t) kodiert sein.

Name	Modbus Input Registers (Read-Only)	Adr. AI1	Adr. AI2	Adr. AI3	Adr. AI4
Input	Measured value in 2 consecutive registers, float in both or int16_t in first	0	2	4	6

Name	Modbus Holding Registers	AI	Adr.
Offset	Offset register, is added to measured value, in 2 consecutive registers, float in both or int16_t in first, same as measured value, factory default 0, storage in EEPROM	AI1	0
		AI2	2
		AI3	4
		AI4	6
-	Freely usable registers, factory default 0, storage in EEPROM	-	8 - 15
Config	Configuration register, used to select measuring range, data type of measured value (float / int16_t), unit of measured value and sensor characteristic, factory default 0 (Voltage 0-10V, float), storage in EEPROM	AI1	16
		AI2	17
		AI3	18
		AI4	19
VarTable	Variable lookup table used for interpolation, alternately temperature and resistance, float in 2 consecutive registers each, factory default 0, storage in EEPROM	-	24 - 63
Fahrenheit	Bit 0: Unit of all standard temperature sensor inputs, 0 = °C, 1 = °F	-	68

Werte im Konfigurations-Register

Mit den 4 Konfigurations-Registern werden Eingangsschaltung und Messbereich, Datentyp und Einheit des Messwerts und die Sensor-Kennlinie für übliche Temperatursensoren eingestellt.
In folgenden Tabellen sind die Registerinhalte dezimal und hexadezimal aufgeführt.

Spannung, Strom oder Widerstand

Dec	Hex	Measuring range	Data type	Unit	Maximum
0	0x00	Voltage 0-10V	float	1 V	11.5 V
1	0x01		int16_t	0.3125 mV	10.24 V
32	0x20	Voltage 0-5V	float	1 V	5 V
33	0x21	Pullup 2kΩ to 5V	int16_t	0.3125 mV	5 V
64	0x40	Resistance	float	1 Ω	10 MΩ
65	0x41		int16_t	0.1 Ω	3.2767 kΩ
66	0x42		int16_t	1 Ω	32.767 kΩ
67	0x43		int16_t	10 Ω	327.67 kΩ
68	0x44		int16_t	100 Ω	3276.7 kΩ
96	0x60	Current 0-20mA	float	1 mA	23 mA
97	0x61		int16_t	0.625 µA	20.48 mA

Temperaturmessung

Dec	Hex	Measuring range	Data type	Unit	Maximum
128	0x80	Sensor PT100	float	1°C	-50…150°C
130	0x82	Sensor PT500			-50…150°C
132	0x84	Sensor PT1000			-50…150°C
134	0x86	Sensor NI1000-TK5000			-50…150°C
136	0x88	Sensor NI1000-TK6180			-50…150°C
138	0x8A	Sensor BALCO 500			-50…150°C
140	0x8C	Sensor KTY81-110 NXP			-50…150°C
142	0x8E	Sensor KTY81-210 NXP			-50…150°C
144	0x90	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50…150°C
146	0x92	Sensor NTC-5k Thermokon			-50…150°C
148	0x94	Sensor NTC-10k Thermokon			-50…150°C
150	0x96	Sensor NTC-20k Thermokon			-50…150°C
152	0x98	Sensor LM235			-40…120°C
154	0x9A	Sensor NTC-10k Carel			-50…110°C
156	0x9C	Sensor NTC-5k Schneider			-50…150°C
158	0x9E	Sensor NTC-30k Schneider			-50…150°C
160	0xA0	Sensor KP250			-50…150°C

Dec	Hex	Measuring range	Data type	Unit	Maximum
129	0x81	Sensor PT100	signed int16	0.1°C	-50…150°C
131	0x83	Sensor PT500			-50…150°C
133	0x85	Sensor PT1000			-50…150°C
135	0x87	Sensor NI1000-TK5000			-50…150°C
137	0x89	Sensor NI1000-TK6180			-50…150°C
139	0x8B	Sensor BALCO 500			-50…150°C
141	0x8D	Sensor KTY81-110 NXP			-50…150°C
143	0x8F	Sensor KTY81-210 NXP			-50…150°C
145	0x91	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50…150°C
147	0x93	Sensor NTC-5k Thermokon			-50…150°C
149	0x95	Sensor NTC-10k Thermokon			-50…150°C
151	0x97	Sensor NTC-20k Thermokon			-50…150°C
153	0x99	Sensor LM235			-40…120°C
155	0x9B	Sensor NTC-10k Carel			-50…110°C
157	0x9D	Sensor NTC-5k Schneider			-50…150°C
159	0x9F	Sensor NTC-30k Schneider			-50…150°C
161	0xA1	Sensor KP250			-50…150°C

Die Messwerte können in den Einheiten °C oder °F in den Input-Registern gemeldet werden. Für die Umschaltung ist Holding-Register 68 zuständig. Die Umschaltung der Temperatur-Einheit gilt für die oben aufgelisteten Sensortypen, aber nicht für die unten beschriebene Interpolations-Tabelle.

Wertetabellen für diese Sensoren sind am Ende aufgeführt.

Messung mit Interpolations-Tabelle

Dec	Hex	Measuring range	Data type	Interpolation
240	0xF0	Voltage 0-10V	float	linear
241	0xF1		int16_t	linear
242	0xF2		float	exponential
243	0xF3		int16_t	exponential
244	0xF4	Voltage/Pullup	float	linear
245	0xF5		int16_t	linear
246	0xF6		float	exponential
247	0xF7		int16_t	exponential
248	0xF8	Resistance	float	linear
249	0xF9		int16_t	linear
250	0xFA		float	exponential
251	0xFB		int16_t	exponential
252	0xFC	Current 0-20mA	float	linear
253	0xFD		int16_t	linear
254	0xFE		float	exponential
255	0xFF		int16_t	exponential

Interpolations-Tabelle

Für Sensoren, deren Kennlinie nicht schon im Gerät fest hinterlegt ist, kann diese Tabelle zur Umrechnung und Linearisierung der Messwerte verwendet werden.
Die Tabelle enthält bis zu 10 Wertepaare der Sensor-Kennlinie, zwischen denen interpoliert wird.
Beispiel: Umrechnung von Widerstand zu Temperatur bei Temperatur-Sensoren.

Die Beschreibung bezieht sich auf Temperatursensoren. Es sind aber auch andere Sensoren als für Temperatur möglich, und statt Widerstands-Messung ist auch Spannung oder Strom möglich. Entsprechend sind beliebige physikalischen Maßeinheiten möglich (z.B. Temperatur in °C oder °F).

Im Konfigurations-Register sind diese Eigenschaften einstellbar:

- Messbereich: Spannung
  Spannung, Pullup 2k an 5V (z.B. für LM235)
  Widerstand (Widerstands-Temperatursensoren)
  Strom

- Interpolation: Sensor-Kennlinie ungefähr linear

Sensor-Kennlinie ungefähr exponentiell (für NTCs)

- Messwert-Datentyp: float (Einheit 1°C)
  int16_t (Einheit 0,1°C)

Unten folgt ein Beispiel für einen Temperatur-Sensor PT1000.
Die Wertepaare werden vom Tabellenanfang her aufgefüllt, mindestens 2 und maximal 10.
Die Tabelle endet mit Temperatur = Widerstand = 0, wenn es weniger Wertepaare gibt.
Das Wertepaar Temperatur = Widerstand = 0 muss deshalb vermieden werden.
Temperatur- und Widerstandswerte müssen auf- oder absteigend sortiert sein.

Datentyp in den Registern: float Temperatur, float Widerstand.
Die Registerinhalte werden im EEPROM gespeichert.

Beispiel: Umrechnung von Widerstand zu Temperatur bei Sensor PT1000				
Wertepaar	Holding-Register	Temperatur / °C	Holding-Register	Widerstand / Ohm
1	24 – 25	-10.0	26 – 27	960.86
2	28 – 29	10.0	30 – 31	1039.03
3	32 – 33	30.0	34 – 35	1116.73
4	36 – 37	50.0	38 – 39	1193.97
5	40 – 41	70.0	42 – 43	1270.75
6	44 – 45	0.0	46 – 47	0.0
7	48 – 49	0.0	50 – 51	0.0
8	52 – 53	0.0	54 – 55	0.0
9	56 – 57	0.0	58 – 59	0.0
10	60 – 61	0.0	62 – 63	0.0

Kennlinien von Standard-Temperatursensoren

Für übliche Temperatur-Sensoren sind folgende Wertetabellen im Gerät hinterlegt.

Temp	PT100 TC3850	PT500 TC3850	PT1000 TC3850	NI1000 TC5000	NI1000 TC6180	BALCO500	KP250
°C	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm
-50	80.306	401.53	803.06	790.88	742.55	361.65	196.5
-30	88.222	441.11	882.22	871.69	841.46	397.05	217.9
-10	96.086	480.43	960.86	956.24	945.82	433.96	239.3
10	103.903	519.51	1039.03	1044.79	1055.52	472.91	260.7
30	111.673	558.36	1116.73	1137.62	1170.56	513.89	282.1
50	119.397	596.99	1193.97	1234.98	1291.05	556.90	303.5
70	127.075	635.38	1270.75	1337.15	1417.21	601.94	324.9
90	134.707	673.53	1347.07	1444.39	1549.34	649.02	346.3
110	142.293	711.46	1422.93	1556.98	1687.89	698.13	367.7
130	149.832	749.16	1498.32	1675.19	1833.35	749.27	389.1
150	157.325	786.63	1573.25	1799.27	1986.35	802.44	410.5

Temp	KTY81 -110	KTY81 -210	NTC1k8 Thermokon	NTC5k Thermokon	NTC10k Thermokon	NTC20k Thermokon	NTC10k Carel	NTC5k Schneider	NTC30k Schneider
°C	Ohm	Ohm	Ohm	kOhm	kOhm	kOhm	kOhm	Ohm	kOhm
-50	515	1030		333.9	667.8	1668.0	329.5	9850	2497.83
-40	567	1135		167.8	335.7	813.4	188.5	9711	1219.17
-30	624	1247	24500	88.34	176.7	415.5	111.3	9465	622.94
-20	684	1367	14000	48.49	96.97	221.3	67.77	9066	331.02
-10	747	1495	8400	27.65	55.30	122.5	42.47	8471	183.56
0	815	1630	5200	16.33	32.65	70.20	27.28	7660	105.31
10	886	1772	3330	9.952	19.90	41.56	17.96	6666	62.355
20	961	1922	2200	6.247	12.49	25.35	12.09	5573	38.022
30	1040	2080	1480	4.028	8.06	15.89	8.31	4492	23.827
40	1122	2245	1040	2.662	5.32	10.21	5.83	3517	15.314
50	1209	2417	740	1.801	3.60	6.72	4.16	2702	10.077
60	1299	2597	540	1.244	2.49	4.52	3.02	2055	6.777
70	1392	2785	402	0.8758	1.75	3.10	2.23	1562	4.650
80	1490	2980	306	0.6281	1.26	2.12	1.67	1193	3.251
90	1591	3182	240	0.4581	0.92	1.54	1.27	921	2.312
100	1696	3392	187	0.3393	0.68	1.12	0.97	721	1.670
110	1805	3607	149	0.2550	0.51	0.82	0.76	574	1.224
120	1915	3817	118	0.1943	0.39	0.61		466	0.909
130	2023	4008	95	0.1499	0.30	0.46		380	0.690
140	2124	4166	77	0.1170	0.23	0.35		320	0.530
150	2211	4280	64	0.0924	0.18	0.27		270	0.410

Temp	°C	-40	0	40	80	120
LM235	Volt	2.332	2.732	3.132	3.532	3.932

Funktionsblock PID-Regler (PID1-PID2)

Allgemeines zum Regler-Typ

Das MR-AIO4/4 enthält 2 PID-Regler für Anwendungen zur Temperatur-Regelung.

T1-Filter

Ein idealer PID-Regler bereitet wegen dem Differenzier-Anteil Probleme:

- Schnelle Änderungen am Eingang führen zur Begrenzung am Regler-Ausgang, und damit zu nichtlinearem Verhalten. (Das kann eventuell auch erwünscht sein.)
- Rauschen und andere Störungen der Eingangs-Messwerte werden verstärkt.

Deshalb werden reale PID-Regler mit einem zusätzlichen T1-Filter mit kleiner Zeitkonstante T1 realisiert (PIDT1-Regler). Das Filter kann nur dem D-Anteil zugeordnet sein oder auch den P-, I- und D-Anteilen gemeinsam. Bei diesem Regler gilt es nur für den D-Anteil.

Differenzierer-Eingang

Der D-Anteil kann umschaltbar aus der Differenz von Sollwert und Istwert ± (X – W) oder direkt aus dem Istwert ± X berechnet werden. Eine schnelle Änderung des Sollwerts wirkt sich nicht auf den Ausgang aus, wenn der Istwert direkt verwendet wird.

Differential-Gleichung

Diese Differential-Gleichung dient zur Definition der Funktion und Variablen:

$$Y = Yp + Yi + Ydt$$

$$Yp = Fp \cdot Xw$$

$$Yi = Fp \cdot \frac{1}{Ti} \cdot \int_0^t (Xw) d\tau$$

$$Ydt + T1 \cdot \frac{d(Ydt)}{dt} = Fp \cdot Td \cdot \frac{d(Xwd)}{dt}$$

mit
W = Sollwert
X = Istwert
Xw = Differenz ± (X – W)
Xwd = Xw oder ± X
Y = Regler-Ausgang
Yp = Proportional-Anteil
Yi = Integral-Anteil
Ydt = Differential-Anteil gefiltert
Fp = Verstärkung
Ti = Integrier-Zeitkonstante, Nachstellzeit
Td = Differenzier-Zeitkonstante, Vorhaltzeit
T1 = Filter-Zeitkonstante

Ausgangs-Begrenzung

Der I-Anteil Yi und der Ausgang Y werden auf die Konstanten Ymin und Ymax begrenzt.
Zusätzlich wird der Ausgang Y auf während des Betriebs veränderbare Werte begrenzt.
Regler PID1 hat den Eingang Amin, mit dem sein Ausgang Y nach unten begrenzt werden kann.
Regler PID2 hat den Eingang Bmax, mit dem sein Ausgang Y nach oben begrenzt werden kann.

Dead-Range

Mit diesem Parameter können ständige kleine Änderungen am Ausgang Y vermieden werden. Diese könnten sonst zum Verschleiß eines Ventils führen, das vom Ausgang gesteuert wird. Der Ausgang Y ändert sich erst, wenn die Änderung größer als DeadR ist, und bleibt sonst konstant.

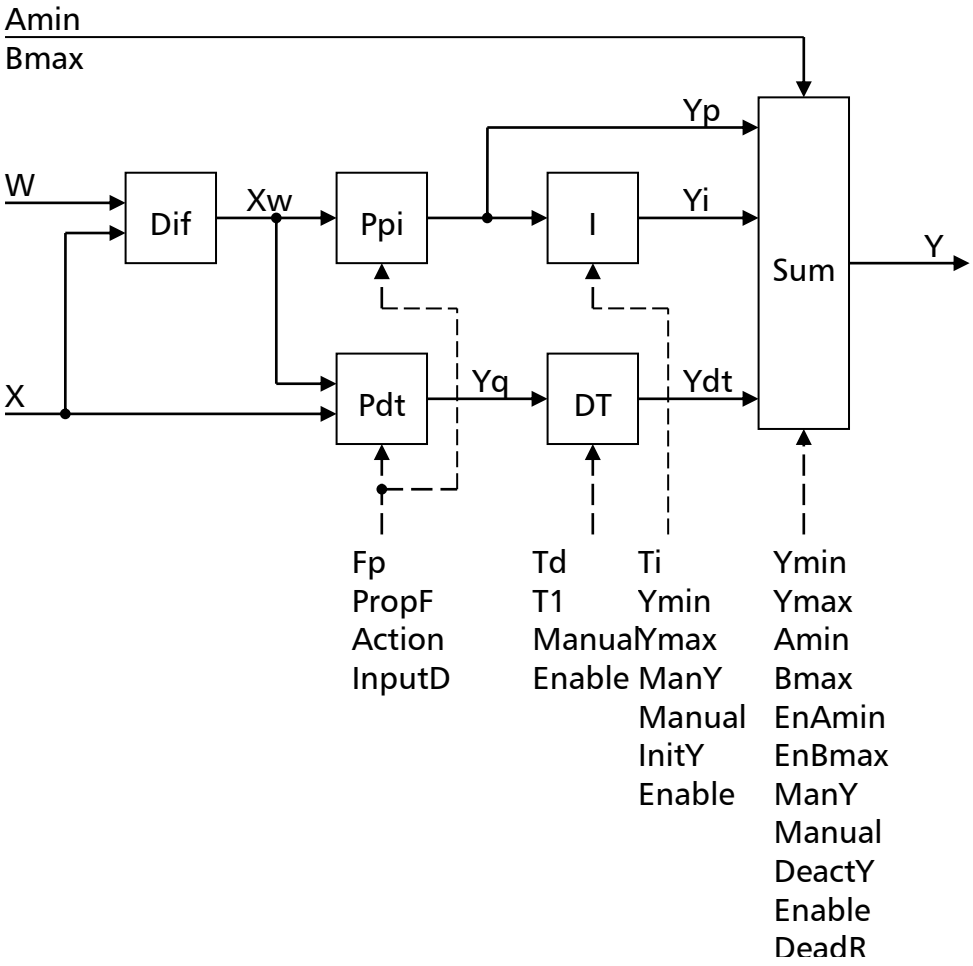
Handbetrieb

Im Automatik-Betrieb wird der Wert am Ausgang Y ständig auch in Register ManY gespeichert.
Wenn der Regler in den Handbetrieb gebracht wird, bleibt er auf seinem letzten Wert stehen.
Durch Änderung von ManY im Handbetrieb wird der Ausgang Y auf den neuen Wert gesetzt.
Wenn der Handbetrieb endet, beginnt der Ausgang Y vom aktuellen Wert an zu regeln.

Aktivität

Der Regler kann aktiv oder inaktiv gesetzt werden.
Wenn er inaktiv ist, wird der Ausgang Y dauernd auf den Wert DeactY gesetzt.
Wenn er aktiviert wird, beginnt der Ausgang Y mit dem Wert InitY zu regeln.

Regler-Struktur



Regler-Algorithmus

(Parameter):	if (PropF)	Fp = (Ymax – Ymin) / Fp_Xp
	else	Fp = Fp_Xp
Block Dif:		Xw = X – W
Block Ppi:		Yp = Fp * Xw
	if (Action)	Yp = – Yp
Block Pdt:	if (InputD)	Yq = Fp * X
	else	Yq = Fp * Xw
	if (Action)	Yq = – Yq
Block I:		Yi = Yi_1

	if (Enable 0 –> 1)	Yi = InitY – Yp	(Start PID)
	if (Manual 1 –> 0)	Yi = ManY – Yp	(Auto PID)
	if (Ti > 0)	Yi = Yi + Yp * Te / Ti	
	if (Yi < Ymin)	Yi = Ymin	
	if (Yi > Ymax)	Yi = Ymax	
	if (!Enable)	Yi = 0	
	if (Manual)	Yi = 0	
Block DT:		Yd = 0	
	if (Td > 0)	Yd = (Yq – Yq_1) * Td / Te	
		Ydt = Yd	
	if (T1 > 0)	Ydt = Ydt_1 + (Yd – Ydt_1) * Te / T1	
	if (!Enable)	Ydt = 0	
	if (Manual)	Ydt = 0	
Block Sum:		Ys = Yp + Yi + Ydt	
	if (Ys < Ymin)	Ys = Ymin	
	if (Ys > Ymax)	Ys = Ymax	
	if (EnAmin)	if (Ys < Amin) Ys = Amin	(only PID1)
	if (EnBmax)	if (Ys > Bmax) Ys = Bmax	(only PID2)
	if (Manual)	Ys = ManY	
	if (!Enable)	Ys = DeactY	
	if (!Manual)	ManY = Ys	
		if (|Y – Ys| > DeadR) Y = Ys	

(Time Step Te): Yi_1 = Yi, Yq_1 = Yq, Ydt_1 = Ydt

Modbus-Register

Die Regler-Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert. Sie sind über folgende Modbus-Register zugänglich.

Name	Configuration Registers, storage in EEPROM (Modbus Holding Registers)	Adr. PID1	Adr. PID2
Mode	Option Flags for Operating Mode:	101	151
.Enable	Activation signal of controller. 0: Controller is inactive 1: Controller is active (Default)	Bit 0	Bit 0
.PropF	The Proportional factor can be specified in two ways. 0: Amplification Fp (Default) 1: Range Xp	Bit 1	Bit 1
.Action	The difference Xw = ± (X – W) can be used directly or negated. 0: Difference used directly, Xw = + (X – W)	Bit 2	Bit 2

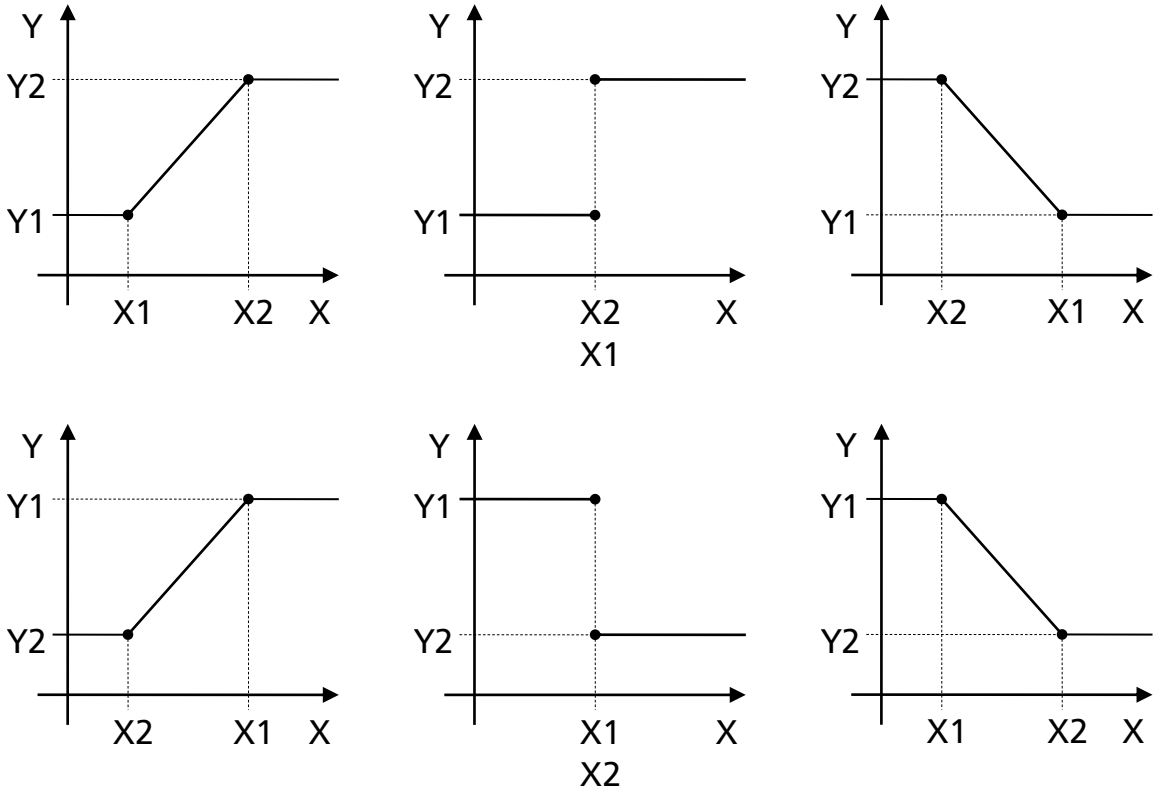
	1: Difference used negated, Xw = – (X – W) (Default)		
.InputD	The derivated part can be calculated from Xw or X. 0: D-Part calculated from ± Xw (Default) 1: D-Part calculated from ± X	Bit 3	Bit 3
.EnAmin	Enable for minimum input Amin (only PID1). 0: Disable (Default) 1: Enable	Bit 4	---
.EnBmax	Enable for maximum input Bmax (only PID2). 0: Disable (Default) 1: Enable	---	Bit 4
.Manual	0: Automatic mode (Default) 1: Manual mode	Bit 5	Bit 5
Fp_Xp	Proportional factor specified in one of two ways: - Amplification Fp (Default 3, Unit % / °C) - Range Xp (Unit °C) Relation: Fp * Xp = (Ymax – Ymin)	102	152
Ti	Integration time (Default 300, Unit s)	104	154
Td	Derivation time (Default 1, Unit s)	106	156
T1	Filter time (Default 10, Unit s)	108	158
Ymin	Lower limit of output Y (Unit %)	110	160
Ymax	Upper limit of output Y (Unit %)	112	162
DeadR	Dead range of output Y, Y changes in minimum steps of DeadR (Unit %)	114	164
DeactY	Y value when controller is inactive (Default 0, Unit %)	116	166
InitY	Y start value when controller is switched to active (Default 0, Unit %)	118	168

Name	Visualization / Control Registers (Modbus Holding Registers)	Adr. PID1	Adr. PID2
Yp	Proportional part (Unit %, Read Only)	130	180
Yi	Integral part (Unit %, Read Only)	132	182
Ydt	Derivate part, filtered (Unit %, Read Only)	134	184
ManY	Y value when using manual mode (Unit %)	142	192

Funktionsblock Lineare Abbildung mit Begrenzung (LCL1-LCL4)

Beschreibung LCL1 - LCL2

Der Funktionsblock hat den Eingang X und den Ausgang Y. Zwischen zwei Grenzen (X1, X2) werden die Eingangwerte linear auf die Ausgangswerte (Y1…Y2) abgebildet. Außerhalb der Grenzen sind die Ausgangswerte auf Y1 oder Y2 begrenzt.



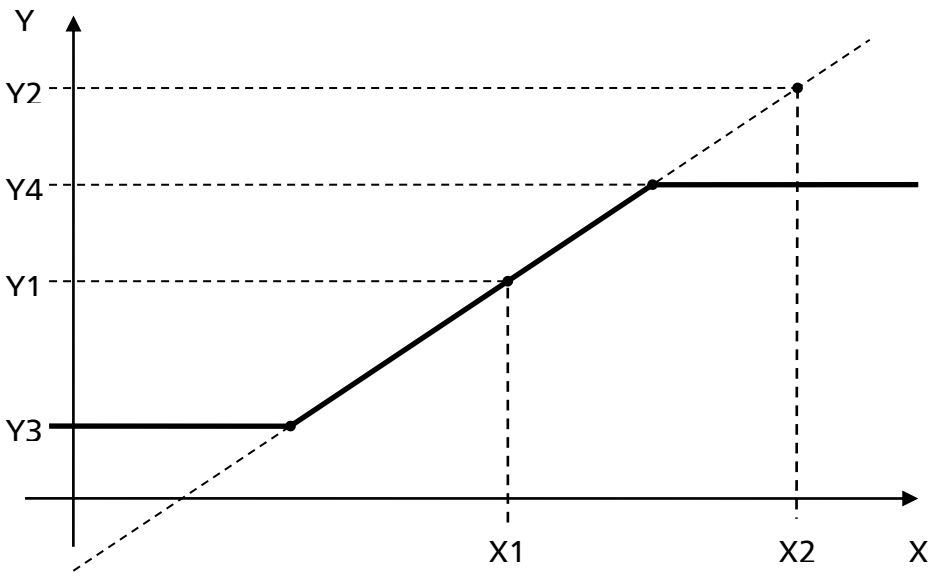
Modbus-Register

Die Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert. Separate Holding-Register für jeden Funktionsblock LCL1…LCL2:

Name	Configuration Registers, storage in EEPROM (Modbus Holding Registers)		Adr. LCL1	Adr. LCL2
Y1	Point1, output Y	(Default 0)	200	208
Y2	Point2, output Y	(Default 100)	202	210
X1	Point1, input X	(Default 0)	204	212
X2	Point2, input X	(Default 100)	206	214

Beschreibung LCL3 - LCL4

Der Funktionsblock hat den Eingang X und den Ausgang Y. Zwei Punkte (X1, Y1) und (X2, Y2) bestimmen, wie die Eingangwerte linear auf die Ausgangswerte abgebildet werden.
Die Ausgangswerte werden auf Y3 (Minimum) oder Y4 (Maximum) begrenzt.



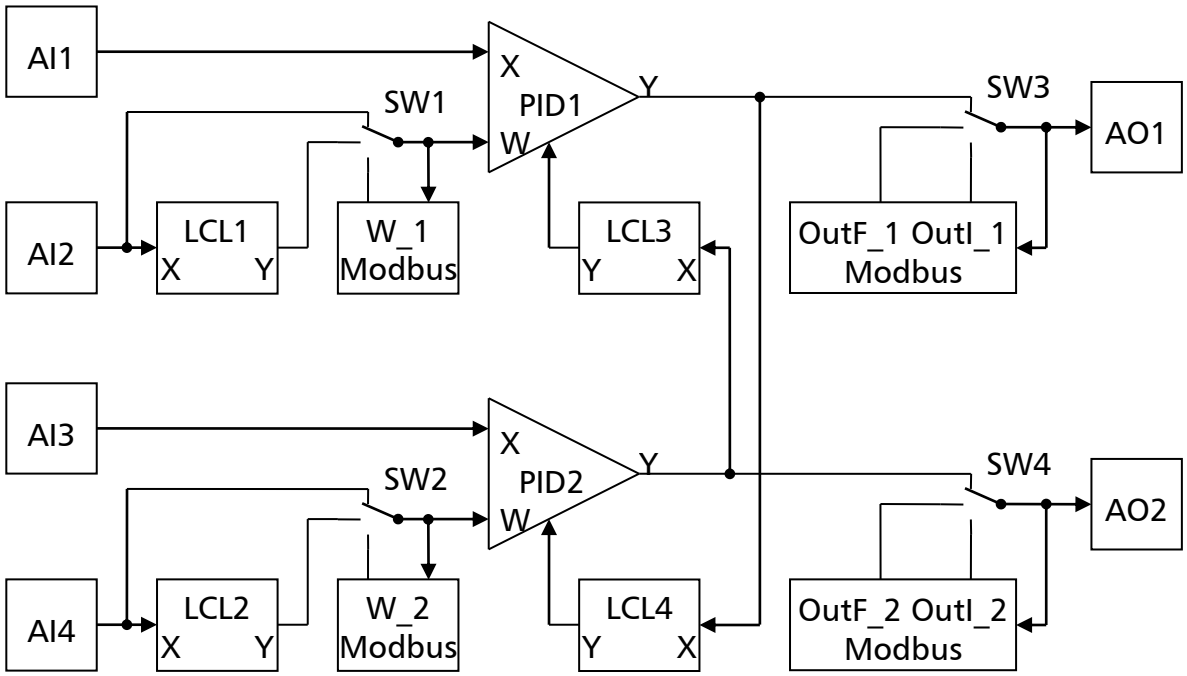
Modbus-Register

Die Parameter haben den Datentyp float. Sie sind dauerhaft im EEPROM gespeichert.
Separate Holding-Register für jeden Funktionsblock LCL1…LCL4:

Name	Configuration Registers, storage in EEPROM (Modbus Holding Registers)		Adr. LCL3	Adr. LCL4
Y1	Point1, output Y	(Default 0)	216	228
Y2	Point2, output Y	(Default 100)	218	230
X1	Point1, input X	(Default 0)	220	232
X2	Point2, input X	(Default 100)	222	234
Y3	Lower limit of output Y	(Default 0)	224	236
Y4	Upper limit of output Y	(Default 100)	226	238

Verschaltung der Funktionsblöcke

Übersicht



Sollwert und Istwert können je nach der Betriebsart von den Analog-Eingängen kommen. Diese liefern Werte in den Einheiten Volt, Ohm, Milliampere oder Grad Celsius. Bei Verwendung des Funktionsblocks Linear Conversion / Limit oder der frei programmierbaren Interpolations-Tabelle im Analog-Eingang ist eine Anpassung an andere Wertebereiche und Einheiten am Regler-Eingang möglich.

Wenn der Regler-Sollwert über den Modbus eingestellt wird, gibt es 2 getrennte Register:
- Der Anfangs-Sollwert InitW_1/2 wird dauerhaft im EEPROM gespeichert.
- Über den Modbus ist der Sollwert W_1/2 jederzeit schreibbar und lesbar.

Der Ausgabewert für einen Analog-Ausgang kann aus den Registern OutI und OutF oder einem PID-Regler kommen. Bei jeder Auswahl wird der ausgegebene Wert in OutI und OutF gemeldet.

Beim Einschalten des Geräts und Ablaufen des Watchdog-Timers werden diese Register kopiert:

Grundeinstellung		Aktueller Wert
InitOutI_1-4	→	OutI_1-4

InitOutF_1-4 → OutF_1-4
InitW_1-2 → W_1-2

Modbus-Register

Jeweils einem Ausgang und 2 Eingängen ist ein PID-Regler zugeordnet.
Ein Register enthält Felder für die im Bild gezeigten Schalter.
Andere Register enthalten den Sollwert und den Ausgangswert.

Name	Configuration Registers, storage in EEPROM (Modbus Holding Registers)	Adr.
Switch	Selection of signals (Default 0)	100
.SW1	Selection of setpoint W for controller PID1: 0: Analog input In2 1: Analog input In2 with Linear Conversion / Limit LCL1 2: Modbus register W_1 In each selection the setpoint W is shown in modbus register W_1.	Bits 0 – 1
.SW2	Selection of setpoint W for controller PID2: 0: Analog input In4 1: Analog input In4 with Linear Conversion / Limit LCL2 2: Modbus register W_2 In each selection the setpoint W is shown in modbus register W_2.	Bits 2 – 3
.SW3	Selection of output value for analog output Out1: 0: Modbus register OutI_1 (int16_t) 1: Modbus register OutF_1 (float %) 2: Output value Y of controller PID1 In each selection the output value is shown in both modbus registers.	Bits 4 – 5
.SW4	Selection of output value for analog output Out2: 0: Modbus register OutI_2 (int16_t) 1: Modbus register OutF_2 (float %) 2: Output value Y of controller PID2 In each selection the output value is shown in both modbus registers.	Bits 6 – 7
.SW5	Selection of output value for analog output Out3: 0: Modbus register OutI_3 (int16_t) 1: Modbus register OutF_3 (float %) In each selection the output value is shown in both modbus registers.	Bit 8
.SW6	Selection of output value for analog output Out4: 0: Modbus register OutI_4 (int16_t) 1: Modbus register OutF_4 (float %) In each selection the output value is shown in both modbus registers.	Bit 10
InitW_1	Initial setpoint for controller PID1 (Default 0, Unit °C)	120
InitW_2	Initial setpoint for controller PID2 (Default 0, Unit °C)	170

Name	Visualization /Control Registers (Modbus Holding Registers)		Adr.
W_1	Setpoint W for controller PID1	(Unit °C)	136
W_2	Setpoint W for controller PID2	(Unit °C)	186
Amin	Minimum value for PID1	(Unit %, Read only)	140
Bmax	Maximum value for PID2	(Unit %, Read only)	190

MR-SM4

E/A-Befehle

Modbus-Funktion "03 (0x03) Read Holding Registers" (R)

Modbus-Funktion "06 (0x06) Write Single Register" (W)

Modbus-Funktion "16 (0x10) Write Multiple Registers" (W)

Information

Read Holding Registers (0 - 80, 100 - 184, 300 - 378, 500 - 510)

Write Single Register (65, 116, 133, 150, 167, 184, 364, 365, 506, 507, 508, 509, 510)

Write Multiple Registers (364 - 365, 506 - 510)

Register-adresse	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	Einheit
0	Effektivwert Spannung L1 N	FLOAT32	r	V
2	Effektivwert Spannung L2 N	FLOAT32	r	V
4	Effektivwert Spannung L3 N	FLOAT32	r	V
6	Spitzenwert Spannung L1 N	FLOAT32	r	V
8	Spitzenwert Spannung L2 N	FLOAT32	r	V
10	Spitzenwert Spannung L3 N	FLOAT32	r	V
12	Effektivwert verkettete Spannung L1 L2	FLOAT32	r	V
14	Effektivwert verkettete Spannung L2 L3	FLOAT32	r	V
16	Effektivwert verkettete Spannung L3 L1	FLOAT32	r	V
18	Spitzenwert verkettete Spannung L1 L2	FLOAT32	r	V
20	Spitzenwert verkettete Spannung L2 L3	FLOAT32	r	V
22	Spitzenwert verkettete Spannung L3 L1	FLOAT32	r	V
24	Effektivwert Leitungsstrom L1	FLOAT32	r	A
26	Effektivwert Leitungsstrom L2	FLOAT32	r	A
28	Effektivwert Leitungsstrom L3	FLOAT32	r	A
30	Effektivwert Leitungsstrom N	FLOAT32	r	A
32	Frequenz	FLOAT32	r	Hz
34	Wirkleistung L1	FLOAT32	r	W
36	Wirkleistung L2	FLOAT32	r	W
38	Wirkleistung L3	FLOAT32	r	W
40	Scheinleistung L1	FLOAT32	r	VA
42	Scheinleistung L2	FLOAT32	r	VA
44	Scheinleistung L3	FLOAT32	r	VA
46	Blindleistung L1	FLOAT32	r	VAR
48	Blindleistung L2	FLOAT32	r	VAR
50	Blindleistung L3	FLOAT32	r	VAR
52	Wirkleistungssumme positiv	FLOAT32	r	W

Register-adresse	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	Einheit
54	Scheinleistungssumme positiv	FLOAT32	r	VA
56	Blindleistungssumme positiv	FLOAT32	r	VAR
58	Reserviert, liest Null	FLOAT32	r	-
60	Reserviert, liest Null	FLOAT32	r	-
62	Reserviert, liest Null	FLOAT32	r	-
64	Reserviert, liest Null	UINT16	r	-
65	Baudrate und Parität Werkseinstellung 19200 Bit/s, gerade Parität. Nichtflüchtige Speicherung im EEPROM. Bit 0-3: Code für Bitrate. Code 0x01 0x02 0x03 0x04 0x05 0x06 0x07 0x08 Bit/s 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200 Bit 4-7: Code für Parität und Stoppbits. Code 0x10 0x20 0x30 [Parität] 1E8 1O8 2N8 Bit 8-15: Wert 0x53 aktiviert Änderungen mit den Befehlen Write-Single/Multiple-Registers. Danach dieses Register als einziges schreiben.	UINT16	r/w	-
66	Wirkleistung L1 negativ	FLOAT32	r	W
68	Wirkleistung L2 negativ	FLOAT32	r	W
70	Wirkleistung L3 negativ	FLOAT32	r	W
72	Blindleistung L1 negativ	FLOAT32	r	VAR
74	Blindleistung L2 negativ	FLOAT32	r	VAR
76	Blindleistung L3 negativ	FLOAT32	r	VAR
78	Wirkleistungssumme negativ	FLOAT32	r	W
80	Blindleistungssumme negativ	FLOAT32	r	VAR
81-99	RESERVIERT - Nicht verwenden			
100	Wirkenergie L1 positiv	FLOAT64	r	kWh
104	Wirkenergie L2 positiv	FLOAT64	r	kWh
108	Wirkenergie L3 positiv	FLOAT64	r	kWh
112	Wirkenergie dreiphasig positiv	FLOAT64	r	kWh
116	Wirkenergie L1-L3 positiv zurücksetzen	UINT16	r/w	-
117	Wirkenergie L1 negativ	FLOAT64	r	kWh
121	Wirkenergie L2 negativ	FLOAT64	r	kWh
125	Wirkenergie L3 negativ	FLOAT64	r	kWh
129	Wirkenergie dreiphasig negativ	FLOAT64	r	kWh
133	Wirkenergie L1-L3 negativ zurücksetzen	UINT16	r/w	-

Register-adresse	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	Einheit
134	Scheinenergie L1 positiv	FLOAT64	r	kVAh
138	Scheinenergie L2 positiv	FLOAT64	r	kVAh
142	Scheinenergie L3 positiv	FLOAT64	r	kVAh
146	Scheinenergie dreiphasig positiv	FLOAT64	r	kVAh
150	Scheinenergie L1-L3 positiv zurücksetzen	UINT16	r/w	-
151	Blindenergie L1 positiv	FLOAT64	r	kVARh
155	Blindenergie L2 positiv	FLOAT64	r	kVARh
159	Blindenergie L3 positiv	FLOAT64	r	kVARh
163	Blindenergie dreiphasig positiv	FLOAT64	r	kVARh
167	Blindenergie L1-L3 positiv zurücksetzen	UINT16	r/w	-
168	Blindenergie L1 negativ	FLOAT64	r	kVARh
172	Blindenergie L2 negativ	FLOAT64	r	kVARh
176	Blindenergie L3 negativ	FLOAT64	r	kVARh
180	Blindenergie dreiphasig negativ	FLOAT64	r	kVARh
184	Blindenergie L1-L3 negativ zurücksetzen	UINT16	r/w	-
185-299	RESERVIERT - Nicht verwenden			
300	Leistungsfaktor Cos Phi L1	FLOAT32	r	-
302	Leistungsfaktor Cos Phi L2	FLOAT32	r	-
304	Leistungsfaktor Cos Phi L3	FLOAT32	r	-
306	Leistungsfaktor Cos Phi gesamt	FLOAT32	r	-
308	Tan Phi L1	FLOAT32	r	-
310	Tan Phi L2	FLOAT32	r	-
312	Tan Phi L3	FLOAT32	r	-
314	Tan Phi gesamt Ergebnis aus Tan Phi L1 + Tan Phi L2 + Tan Phi L3 (Register 308 + 310 + 312)	FLOAT32	r	-
316	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Spannung L1	FLOAT32	r	-
318	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Spannung L2	FLOAT32	r	-
320	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Spannung L3	FLOAT32	r	-
322	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Strom I1	FLOAT32	r	-
324	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Strom I2	FLOAT32	r	-
326	Gesamter harmonischer Klirrfaktor THD Strom I3	FLOAT32	r	-
328	Scheitelfaktor L1	FLOAT32	r	-
330	Scheitelfaktor L2	FLOAT32	r	-
332	Scheitelfaktor L3	FLOAT32	r	-
334	Scheitelfaktor gesamt Ergebnis aus Scheitelfaktor L1 + Scheitelfaktor L2 + Scheitelfaktor L3 (Register 328 + 330 + 332)	FLOAT32	r	-
336	Min. Leistungsfaktor Cos Phi L1	FLOAT32	r	-
338	Min. Leistungsfaktor Cos Phi L2	FLOAT32	r	-
340	Min. Leistungsfaktor Cos Phi L3	FLOAT32	r	-

Register-adresse	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	Einheit
342	Max. Leistungsfaktor Cos Phi L1	FLOAT32	r	-
344	Max. Leistungsfaktor Cos Phi L2	FLOAT32	r	-
346	Max. Leistungsfaktor Cos Phi L3	FLOAT32	r	-
348	Min. Wirkleistung L1	FLOAT32	r	W
350	Min. Wirkleistung L2	FLOAT32	r	W
352	Min. Wirkleistung L3	FLOAT32	r	W
354	Gesamte Wirkleistung Min.	FLOAT32	r	W
356	Max. Wirkleistung L1	FLOAT32	r	W
358	Max. Wirkleistung L2	FLOAT32	r	W
360	Max. Wirkleistung L3	FLOAT32	r	W
362	Gesamte Wirkleistung Max.	FLOAT32	r	W
364	Sekunden für Mittelwert RMS - hoch	UINT16	r/w	Sekunden
365	Sekunden für Mittelwert RMS - niedrig	UINT16		
366	Effektivwert Spannung L1 N – Durchschnitt über Sekunden	FLOAT32	r	V
368	Effektivwert Spannung L2 N – Durchschnitt über Sekunden	FLOAT32	r	V
370	Effektivwert Spannung L3 N – Durchschnitt über Sekunden	FLOAT32	r	V
372	N-RMS Strommittelwert – Durchschnitt über Sekunden	FLOAT32	r	A
374	N-RMS MAX-Strom seit letztem Neustart für MAX RMS	FLOAT32	r	A
376	N-RMS MIN-Strom seit letztem Neustart für MIN RMS	FLOAT32	r	A
378	Geräte-Innentemperatur	FLOAT32	r	°C
379-499	RESERVIERT - Nicht verwenden			
500	Diagnosestatus 0x00 - 0x01 Reserviert für zukünftige Nutzung 0x02 Diagnose aktiv (OK) 0x03 0x04 0x05	UINT16	r	-
501	Diagnosedetails Bitfeld Bit | Bedeutung 63 - 5 Reserviert für zukünftige Nutzung 4 Ungültiges Wandler Verhältnis gewählt 3 EEPROM CRC-Fehler 2 Hardware-Kommunikationsfehler 1 Reserviert für zukünftige Nutzung 0 Reserviert für zukünftige Nutzung	UINT64	r	-

505	Hardware-Variante Strom oder Spannung Code 0x00 0x01 [Variante] MR-SM4i MR-SM4u	UINT16	r	-
506	Stromwandler-Verhältnis Zähler (hoch)	UINT16	r/w	SM4i: A / SM4u: A
507	Stromwandler-Verhältnis Zähler (niedrig)	UINT16		
508	Stromwandler-Verhältnis Nenner (hoch)	UINT16	r/w	SM4i: A / SM4u: mV
509	Stromwandler-Verhältnis Nenner (niedrig)	UINT16		
510	Rogowski-Spulen-Modus Nur für MR-SM4u - Bit 0-1: Code Rogowski nein/ja. Code 0x00 0x01 [Rogowski-Modus] NEIN JA	UINT16	r/w	-

Die Register erhalten einmal pro 1 Sekunde neue Messwerte.

Besondere Datentypen

Für Modbus gilt, dass bei Daten mit einer Länge von mehreren Bytes das High-Byte zuerst und das Low-Byte zuletzt übertragen wird (Big-Endian). Datentypen mit einer Länge von mehreren Registern werden nachfolgend beschrieben.

Wenn ein Datentyp mehrere Register benötigt, sollten diese zusammen in einem einzigen Befehl gelesen oder geschrieben werden, um die Konsistenz der Daten zu gewährleisten. Register können einzeln zugegriffen werden, aber dann muss der Benutzer sicherstellen, dass die Daten konsistent sind, zum Beispiel durch mehrere Abfragen.

Datentyp unsigned long

Dieser Datentyp verwendet jeweils 2 Register, d.h. 4 Bytes.

Registeradressen	Register + 0	Register + 1
Bytes in Übertragungsreihenfolge	Byte 1 High | Byte 2 Low	Byte 3 High | Byte 4 Low
Bitnummern	Bit 31-24 | Bit 23-16	Bit 15-8 | Bit 7-0

Datentyp float

Dieser Datentyp verwendet jeweils 2 Register, d.h. 4 Bytes.

Registeradressen	Register + 0	Register + 1
Bytes in Übertragungsreihenfolge	Byte 1 High | Byte 2 Low	Byte 3 High | Byte 4 Low
Bitnummern	Bit 31-24 | Bit 23-16	Bit 15-8 | Bit 7-0
Bits des Float-Werts	Vorzeichen, Exp 7-1 | Exp 0, Mant 22-16	Mant 15-8 | Mant 7-0

Hinweis auf ein Kompatibilitats-Problem:

Auf dem Markt werden 4 verschiedene Byte-Reihenfolgen in den Registern für den Datentyp "Float" verwendet.

Belegung der Anschlussklemmen

N, L1, L2, L3 Spannungsmessung
W1, W2, W3, WN Wandler-Eingang

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Device ID code	0x01
Conformity level	0x01
More follows	0x00
Next object ID	0x00
Number of objects	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Length	0x11
Objekt Wert	"METZ CONNECT GmbH"
Objekt ID	0x01
Objekt Length	0x07
Objekt Wert	"MR-SM4(i/u)"
Objekt ID	0x02
Objekt Length	0x04
Objekt Wert	"V1.0"

MR-Multi I/O 12DI/7AI/2AO/8DO

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion „01 (0x01) Read Coils" (R)

Modbus-Funktion „02 (0x02) Read Discrete Inputs" (R)

Modbus-Funktion „03 (0x03) Read Holding Registers" (R)

Modbus-Funktion „04 (0x04) Read Input Registers" (R)

Modbus-Funktion „05 (0x05) Write Coils" (W)

Modbus-Funktion „06 (0x06) Write Single Register" (W)

Modbus-Funktion „16 (0x10) Write Multiple Registers" (W)

Information

Read Discrete Inputs	(0 - 15)
Read Coils	(0 - 47)
Write Multiple Coils	(0 - 47)
Write Single Coil	(0 - 47)
Read Input Registers	(0 - 99)
Read Holding Registers	(0 - 99)
Write Multiple Registers	(0 - 99)
Write Single Register	(0 - 99)

Funktionsblock Bus-Watchdog

Die Modbus-Verbindung kann mit einem Watchdog-Timer überwacht werden. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht. Wenn der Master oder die Verbindung ausfällt und der Timer abläuft, werden die Ausgänge in ihre Grundeinstellung (sicherer Zustand) geschaltet und die rote LED leuchtet. Mit der Zeitkonstante 0 ist der Watchdog-Timer inaktiv.

Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
66	Zeitkonstante für die Verbindungs-Überwachung Die Zeit gilt nur bei Steuerung der Relais über den Modbus. Beim Timeout schalten die Relais in den Inaktiv-Zustand. Die Zeit startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 10 ms, Werkseinstellung 0 (Überwachung aus), Maximum 65535 (= 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten), Speicherung im EEPROM

Bei der Festlegung der Zeitkonstante müssen mehrere Dinge berücksichtigt werden, die gemeinsam beeinflussen, wie oft ein bestimmter Slave adressiert wird:

- Baudrate des Bussystems
- Anzahl der Slaves
- Länge der Nachrichten je Slave
- Prioritäten bei der Adressierung der Slaves
- Übertragungsfehler bewirken Timeouts und Wiederholungen
- Leistungsfähigkeit und Auslastung des Masters

Funktionsblock Einheit Temperatur

Die Messwerte können in den Einheiten °C oder °F in den Input-Registern ausgegeben werden.

Für die Auswahl ist Holding-Register 68 oder Coil 32 zuständig.

Die Auswahl der Temperatur-Einheit gilt für alle aufgelisteten Sensortypen, aber nicht für die Interpolations-Tabelle.

Coils	
Adr.	Beschreibung
32	Maßeinheit bei den Standard-Temperatur-Sensoren, diese Einstellung gilt für alle Eingänge gemeinsam 0: Temperatur in °C 1: Temperatur in °F

Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
68	Maßeinheit bei den Standard-Temperatur-Sensoren, diese Einstellung gilt für alle Eingänge gemeinsam 0: Temperatur in °C 1: Temperatur in °F Speicherung im EEPROM

Funktionsblock Digital-Eingang

Je Eingang zeigt eine gelbe LED den Schaltzustand an.

Discrete Inputs	
Adr.	Beschreibung
0 - 10 11	Wert der digitalen Eingänge 1...11 Wert des Digitaleingangs S0 (als Zählereingang nutzbar) Wert 0: aus, 1: ein

Input Registers / Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
70	Wert der digitalen Eingänge Gleich wie Diskrete Eingänge 0-15

Funktionsblock Digital-Ausgang

Die Relais-Ausgänge können mit Tasten übersteuert werden, die Photo-MOS-Ausgänge nicht.
Ein langer Tastendruck (> 1s) wechselt zwischen Automatik und Handbetrieb.
Ein kurzer Tastendruck (< 1s) wechselt im Handbetrieb zwischen Aus und Ein.
Je Ausgang zeigt eine gelbe LED den Schaltzustand, eine grüne den Handbetrieb an.

Coils	
Adr.	Beschreibung
0 - 3	Wert der Relaisausgänge 1...4 Wert 0: aus, 1: ein
4 - 7	Wert der PhotoMOS-Ausgänge 1...4 Wert 0: aus, 1: ein
16 - 19	Betriebsart der Relaisausgänge 1...4 (nur lesen) Wert 0: Automatikbetrieb, 1: Handbetrieb Speicherung im EEPROM

Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
71	Wert der digitalen Ausgänge Gleich wie Coils 0-15
72	Betriebsart (automatisch, manuell) der digitalen Ausgänge (nur Lesen)

	Gleich wie Coils 16-31 Speicherung im EEPROM
73	Standardwerte der digitalen Ausgänge Werkseinstellung 0 Speicherung im EEPROM

Funktionsblock Analog-Ausgang

Je Ausgang zeigt eine gelbe LED mit ihrer Helligkeit die Spannung an.

Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
74 - 75	Werte der Analogausgänge O1...O2 Datentyp int16, Bereich: Wert 0 = 0 Volt ,... Wert 32767 = 10,24 Volt
78 - 79	Vorgabewerte der Analogausgänge O1...O2 Datentyp int16, Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM

Funktionsblock Analog-Eingang

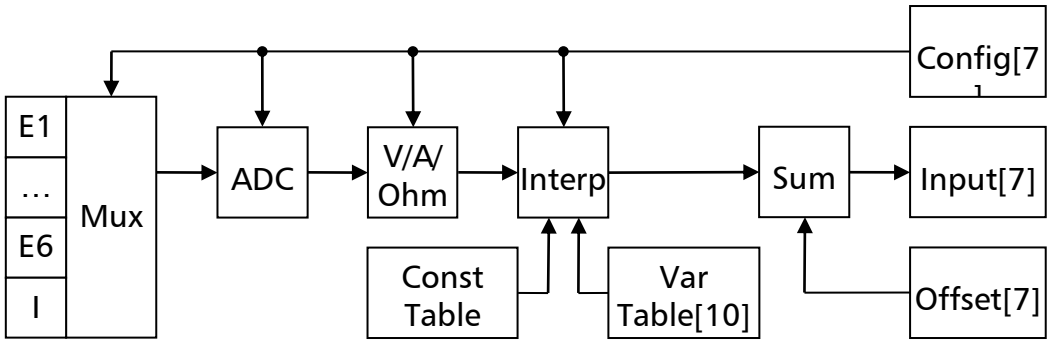
Übersicht

Die Eingänge E1 - E6 dienen universell zur Spannungs-Messung (0 – 11,5 V) und Widerstands-Messung (40 Ohm – 4 MOhm). Der Eingang I dient zur Strom-Messung (0 – 22 mA).

Eine Analog/Digital-Wandlung dauert etwa 0,2 Sekunden und an den Eingängen wird abwechselnd gemessen. An jedem Eingang wird im Abstand von etwa 1,8 Sekunden gemessen, beim Wechsel des Widerstands-Messbereichs dauert es aber länger, weil mehrfach gemessen wird.

Es gibt Betriebsarten zur Berechnung der Temperatur von üblichen Temperatur-Sensoren. Der Spannungs- oder Widerstands-Messwert wird dazu mit einer Werte-Tabelle und Interpolation in die Temperatur umgerechnet. Es gibt mehrere fest programmierte Tabellen für übliche Sensoren und eine frei programmierbare Tabelle mit bis zu 10 Stützstellen.

Auf den Messwert kann ein Offset addiert werden. Damit kann eine Anpassung an den Sensor und die Zuleitung oder ein Feinabgleich realisiert werden.



E1…E6, I	Analog-Eingänge, Klemmen E1…E6 und I
Mux	Eingangs-Umschalter
ADC	Analog-Digital-Wandler
V/A/Ohm	Spannung / Strom / Widerstand berechnen
Interp	Interpolation mit Werte-Tabellen
Sum	Addition eines Offsets
ConstTable	Werte-Tabellen für Standard-Sensoren
	Modbus-Register:
Config	Konfigurations-Register
Input	Messwert-Register
Offset	Offset-Register
VarTable	Werte-Tabelle für eigenen Sensor-Typ

Modbus-Register

Messwerte können je nach Konfiguration als Gleitpunktzahlen (float) oder Ganzzahlen mit 16 Bit und Vorzeichen (int16_t) kodiert sein.

Input Registers			
Adr.	AI	Name	Beschreibung
0	E1	Input 1…7	Gemessener Wert 2 aufeinanderfolgende Register, float in beiden oder int16_t im ersten.
2	E2		
4	E3		
6	E4		
8	E5		
10	E6		
12	I		

Holding Registers			
Adr.	AI	Name	Beschreibung
0 - 1	E1	Offset 1…7	Offset-Register Der Offset wird zu dem gemessenen Wert addiert. 2 aufeinanderfolgende Register, float in beiden oder int16_t im ersten, gleicher Datentyp wie Messwert. Werkseinstellung 0. Speicherung im EEPROM.
2 - 3	E2		
4 - 5	E3		
6 - 7	E4		
8 - 9	E5		
10 - 11	E6		
12 -13	I		
14 -15	-		
16	E1	Config 1…7	Konfigurationsregister Nummer (siehe unten), die zur Auswahl des - Messbereiches, - Datentyp des Messwerts (float / int16_t), - Einheit des Messwerts, - Sensorkennlinie. Werkseinstellung 0 (Spannung 0-10V, Float). Speicherung im EEPROM.
17	E2		
18	E3		
19	E4		
20	E5		
21	E6		
22	I		
23	-		

24 - 27 28 - 31 32 - 35 … 60 - 63	-	VarTable 1…10	Variable Lookup-Tabelle für die Interpolation Abwechselnd Temperatur und Widerstand (siehe unten). Float in jeweils 2 aufeinanderfolgenden Registern. Werkseinstellung 0. Speicherung im EEPROM.

Werte im Konfigurations-Register

Mit den Konfigurations-Registern werden Eingangsschaltung und Messbereich, Datentyp und Einheit des Messwerts und die Sensor-Kennlinie für übliche Temperatursensoren eingestellt. In folgenden Tabellen sind die Registerinhalte dezimal und hexadezimal aufgeführt.

Spannung, Strom oder Widerstand:

Dec	Hex	Messbereich	Datentyp	Einheit	Maximum
0 1	0x00 0x01	Spannung 0-10V	float int16_t	1 V 0.3125 mV	11.5 V 10.24 V
0 1	0x00 0x01	Strom 0-20mA	float int16_t	1 mA 0.625 µA	22 mA 20.48 mA
32 33	0x20 0x21	Spannung 0-10V Pullup 2kΩ at 5V	float int16_t	1 V 0.3125 mV	11.5 V 10.24 V
64 65 66 67 68	0x40 0x41 0x42 0x43 0x44	Widerstand	float int16_t int16_t int16_t int16_t	1 Ω 0.1 Ω 1 Ω 10 Ω 100 Ω	4 MΩ 3.2767 kΩ 32.767 kΩ 327.67 kΩ 3276.7 kΩ

Integer-Einheit bei Spannung: 10.24V / 2 ^ 15 = 1V / 3200 = 0.3125mV
Integer-Einheit bei Strom: 20.48mA / 2 ^ 15 = 1mA / 1600 = 0.625µA

Temperaturmessung (Wertetabellen für die Sensoren im Anhang):

Dec	Hex	Messanwendung	Datentyp	Einheit	Bereich
128	0x80	Sensor PT100	float	1°C	-50..150°C
130	0x82	Sensor PT500			-50..150°C
132	0x84	Sensor PT1000			-50..150°C
134	0x86	Sensor NI1000-TK5000			-50..150°C
136	0x88	Sensor NI1000-TK6180			-50..150°C
138	0x8A	Sensor BALCO 500			-50..150°C
140	0x8C	Sensor KTY81-110 NXP			-50..150°C
142	0x8E	Sensor KTY81-210 NXP			-50..150°C
144	0x90	Sensor NTC-1k8 Thermokon			-50..150°C
146	0x92	Sensor NTC-5k Thermokon			-50..150°C
148	0x94	Sensor NTC-10k Thermokon			-50..150°C
150	0x96	Sensor NTC-20k Thermokon			-50..150°C
152	0x98	Sensor LM235			-40..120°C

Temperaturmessung mit Datentyp signed int (Registernummer um 1 größer als oben):

129	0x81	Sensor PT100	int16_t	0.1°C	-50..150°C
131	0x83	Sensor PT500			-50..150°C
…	…	…			…
153	0x99	Sensor LM235 Registerwert ist 1 größer als oben			-40..120°C

Messung mit Interpolations-Tabelle:

Dec	Hex	Messbereich	Datentyp	Interpolation
240	0xF0	Spannung 0-10V	float	linear
241	0xF1		int16_t	linear
242	0xF2		float	exponential
243	0xF3		int16_t	exponential
244	0xF4	Spannung 0-10V Pullup 2kΩ at 5V	float	linear
245	0xF5		int16_t	linear
246	0xF6		float	exponential
247	0xF7		int16_t	exponential
248	0xF8	Widerstand	float	linear
249	0xF9		int16_t	linear
250	0xFA		float	exponential
251	0xFB		int16_t	exponential

Interpolations-Tabelle

Für Sensoren an Eingang E1-E6, deren Kennlinie nicht schon im Gerät fest hinterlegt ist, kann diese Tabelle zur Umrechnung und Linearisierung der Messwerte verwendet werden.
Die Tabelle enthält bis zu 10 Stützstellen der Sensor-Kennlinie, zwischen denen interpoliert wird.
Beispiel: Umrechnung von Widerstand zu Temperatur bei Temperatur-Sensoren.

Die Beschreibung bezieht sich auf Temperatursensoren. Es sind aber auch andere Sensoren als für Temperatur möglich, und statt Widerstands-Messung ist auch Spannungs-Messung möglich.

Im Konfigurations-Register sind diese Eigenschaften einstellbar, siehe oben:

- Messbereich: Spannung
  Spannung, Pullup 2kΩ an 5V (z.B. für LM235)
  Widerstand (Widerstands-Temperatursensoren)

- Messwert-Datentyp: float (Einheit 1°C)
  signed int (Einheit 0,1°C)

- Interpolation: Sensor-Kennlinie ungefähr linear
  Sensor-Kennlinie ungefähr exponentiell (für NTC-Sensoren)

Stützstelle	Register-Adresse Temperatur	Register-Adresse Widerstand
1	24-25	26-27
2	28-29	30-31
…	…	…
10	60-61	62-63

Die Stützstellen werden vom Tabellenanfang her aufgefüllt, maximal 10 Stück.
Die Tabelle endet mit Temperatur = Widerstand = 0, wenn es weniger Stützstellen gibt.
Das Zahlenpaar Temperatur = Widerstand = 0 darf deshalb keine der Stützstellen sein.
Temperatur- und Widerstandswerte müssen auf- oder absteigend sortiert sein.
Datentyp in den Registern: float Temperatur, float Widerstand.

Funktionsblock Einschaltdauer

Die Einschaltdauer des Zähler-Eingangs S0+/S0- wird gemessen. Abtast-Intervall ist 1 ms.

Modbus-Register

Discrete Inputs	
Adr.	Beschreibung
11	Wert des Zählereingangs (Schalter an Digitaleingang S0 angeschlossen) 0: inaktiv (Schalter offen), 1: aktiv (Schalter geschlossen)

Input Registers / Holding Registers	
Adr.	Beschreibung
70	Wert der digitalen Eingänge (nur lesen) Gleich wie Diskrete Eingänge 0-15
82 - 83	Aktive Zeit des Zählereingangs Kann geschrieben werden, um die Sekundenzählung zu initialisieren, setzt gleichzeitig die Millisekundenzählung zurück Datentyp uint32, Auflösung 1 Sekunde Speicherung im EEPROM

Funktionsblock Impulszähler

Der Impulszähler erfasst Impulse von einem Elektrizitäts-Zähler mit S0-Schnittstelle, der an den Zähler-Eingang S0+/S0- angeschlossen ist. Daneben sind auch andere Anwendungen möglich.

Modbus-Register

Discrete Inputs		
Adr.	Name	Beschreibung
11	IN_C	Wert des Zählereingangs (Schalter an Digitaleingang S0 angeschlossen) 0: aus (Schalter offen), 1: ein (Schalter geschlossen)

Input Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
70	INPUT	Wert der digitalen Eingänge Gleich wie Diskrete Eingänge 0-15
84 - 87	IZ	Impulszähler Datentyp uint64 (unteren 48 Bits werden verwendet, die höchsten 16 Bits sind 0)
88 - 89	BZ	Berechneter Zählerstand Datentyp uint32

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
84 - 87	IT	Kopie des Impulszählers, wenn die Taste gedrückt wurde Wert kann überschrieben werden Datentyp uint64 (unteren 48 Bits werden verwendet, die höchsten 16 Bits sind 0) Speicherung im EEPROM
88 - 89	AZ	Erster berechneter Zählerstand Datentyp uint32 Werkseinstellung: 0 Speicherung im EEPROM
90	IE	Pulse pro Einheit Datentyp uint16 Werkseinstellung: 1 Speicherung im EEPROM

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
91	WI	Übersetzungsverhältnis des Stromwandlers Datentyp uint16 Werkseinstellung: 1 Speicherung im EEPROM
92	WU	Übersetzungsverhältnis des Spannungswandlers Datentyp uint16 Werkseinstellung: 1 Speicherung im EEPROM
93	WP	Art der Berechnung mit Strom-/Spannungswandler Datentyp: Flag in Bit 0 Wert 0...1, siehe unten Werkseinstellung: 0 Speicherung im EEPROM
94	ZS	Format der Zähleranzeige Datentyp uint16 High-Byte enthält die Gesamtzahl der Zählerstellen, Bereich 0…9, Werkseinstellung 7, höhere Werte sind auf 9 begrenzt Low-Byte enthält Nachkommastellen des Zählers, Bereich 0…3, Werkseinstellung 1, höhere Werte sind auf 3 begrenzt Speicherung im EEPROM
95	TA	Flag zur Freigabe des Tasters Datentyp: Flag in Bit 0 Wert 0: Taster ist deaktiviert, 1: Taster ist aktiviert Werkseinstellung: 1 Speicherung im EEPROM

Betriebsart bei Berechnung mit Wandlerfaktor

Im Register WP ist ein Code 0…1, der zusammen mit den Wandlerfaktoren WI und WU bestimmt, wie diese in die Berechnung einbezogen werden. WP, WI und WU hängen davon ab, ob Wandler vor den Zähler geschaltet sind, ob der Zähler den Verbrauch primär oder sekundär anzeigt und ob die ausgegebenen Impulse primär oder sekundär dem Verbrauch entsprechen.

Der Einfluss der Gesamtstellen und Nachkommastellen wird zur Vereinfachung bei den folgenden Formeln nicht berücksichtigt. Dieser folgt weiter unten.

Folgende Elektrozähler-Typen sind zu unterscheiden:

Typ 1: Direkt messender Zähler, Anzeige: primär, Puls: primär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Hutschienenzähler mit mechanischem Rollenzählwerk, Ferraris-Zähler
Formeltyp:	WP = 0
Faktoren:	WI = WU = 1

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 2: Wandler-Zähler, Anzeige: primär, Puls: sekundär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Zähler mit LCD-Display
Formeltyp:	WP = 1
Faktoren:	WI und WU entsprechen den Wandlern

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} \cdot WI \cdot WU \right) + AZ \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 3: Wandler-Zähler, Anzeige: primär, Puls: primär

Anmerkung:	Zeigt den tatsächlichen Verbrauch an
Spezies:	Zähler mit LCD-Display, Multimessgeräte
Formeltyp:	WP = 0
Faktoren:	WI = WU = 1

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand} = \text{Verbrauch}$$

Typ 4: Wandler-Zähler, Anzeige: sekundär, Puls: sekundär

Anmerkung:	Zeigt den um die Wandlerfaktoren reduzierten Verbrauch an
Spezies:	Hutschienenzähler mit mechanischem Rollenzählwerk, Ferraris-Zähler
Formeltyp:	WP = 0

Verbrauch und Anzeige des Wandler-Zählers sind verschieden.
Beide können mit unterschiedlicher Konfiguration (WI, WU) berechnet werden.

Faktoren:	WI = WU = 1: Der berechnete Zählerstand entspricht der Anzeige des Wandler-Zählers.
Faktoren:	WI und WU entsprechen den Wandlern: Der berechnete Zählerstand entspricht dem Verbrauch.

$$BZ = \left(\frac{IZ - IT}{IE} + AZ \right) \cdot WI \cdot WU \quad , \quad BZ = \text{Zählerstand oder Verbrauch}$$

Inbetriebnahme am Stromzähler

Der Anwender liest vor Ort den Anfangszählerstand am Stromzähler ab und drückt den Taster.
Mit diesem Tastendruck wird der Impulszähler aus Register IZ in Register IT kopiert.

Der Anwender konfiguriert danach den Impulszähler über den Bus mit einem Serviceprogramm. Einzutragen sind
- der Anfangszählerstand, der am Zähler abgelesen wurde
- die Impulse pro Einheit,
  z.B. Angabe auf dem Stromzähler 2000 Impulse pro kWh
- der Formeltyp bei Berechnung mit Wandlerfaktoren
- der Faktor für die Stromwandlung,
  z.B. Angabe auf dem Wandler 200/5A →Faktor = 40
- der Faktor für die Spannungswandlung,
  z.B. Angabe auf dem Wandler 20000/100V →Faktor = 200
- die Anzahl der Zählerstellen und der Nachkommastellen
- den Taster deaktivieren, damit Register IT geschützt ist

Details zur Berechnung

Der berechnete Zählerstand soll sich genau wie der Stromzähler verhalten. Dazu ist es erforderlich, dass bei Zwischenergebnissen keine Überläufe und Rundungsfehler vorkommen. Beim Zählen und der Berechnung werden deshalb besonders große Datentypen verwendet.

Alle 60 Millisekunden kann ein Impuls vom Stromzähler kommen.
Das ergibt bis zu 1.440.000 Impule pro Tag oder etwa 526.000.000 Impulse pro Jahr.

Wenn der Impulszähler mit 4 Bytes realisiert wäre, könnte er bis 4.294.967.295 zählen.
Er würde bei höchster Impulsfrequenz also nur für etwa 8,2 Jahre reichen.
Deshalb ist er mit 6 Bytes realisiert und kann nicht überlaufen.

Die Anzahl der Nachkommastellen wird bei der Berechnung als zusätzlicher Multiplikator mit einer Zehnerpotenz berücksichtigt. Außerdem bestimmt sie, wo bei der Anzeige von BZ und AZ das Komma einzufügen ist.

Wie beim Stromzähler, der nur eine bestimmte Anzahl von Dezimalstellen hat, wird als letzter Rechenschritt die Anzahl der Stellen begrenzt. Der berechnete Zählerstand läuft deshalb genau so oft auf 0 über, wie der Zählerstand des Stromzählers.

Berechneter Zählerstand, wenn WP = 0 ist:

```
BZ = ( (uint96_t) (IZ - IT) * WU * WI * Zehnerpotenz [Nachkomma] / IE +
       (uint96_t) AZ        * WU * WI )
       % Zehnerpotenz [Zählerstellen]
```

Berechneter Zählerstand, wenn WP = 1 ist:

```
BZ = ( (uint96_t) (IZ - IT) * WU * WI * Zehnerpotenz [Nachkomma] / IE +
       (uint96_t) AZ )
       % Zehnerpotenz [Zählerstellen]
```

Hinweis zu anderen Anwendungen

Aus Gründen der Datenkonsistenz ist es bei Anwendung mit einem Stromzähler gewünscht, dass der Impulszähler IZ nicht löschbar ist. Mit dem berechneten Zählerstand BZ kann man aber einen löschbaren Zähler realisieren, indem man die Werte von IT und/oder AZ über den Bus ändert.

Einfaches Beispiel ohne die verschiedenen Faktoren:

Konfiguration mit: WP = 0, WU = WI = 1, IE = 1, Nachkomma = 0

Berechnung: BZ = IZ – IT + AZ

Wenn man AZ = 0 und IT = IZ schreibt, wird BZ = 0.

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x0B
Objekt Wert	“MR-Multi IO”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.2”

MR-LD6

I/O-Kommandos

Modbus-Funktion „01 (0x01) Read Coils“

Modbus-Funktion “03 (0x03) Read Holding Registers” (R)

Modbus-Funktion “04 (0x04) Read Input Registers” (R)

Modbus-Funktion “06 (0x06) Write Single Register” (W)

Modbus-Funktion “16 (0x10) Write Multiple Registers” (W)

Information

Read Discrete Inputs	(0 - 15)
Read Coils	(0 - 31)
Write Multiple Coils	(0 - 31)
Write Single Coil	(0 - 31)
Read Input Registers	(0 - 99)
Read Holding Registers	(0 - 99)
Write Multiple Registers	(0 - 99)
Write Single Register	(0 - 99)

Funktionsblock Bus-Watchdog

Die Modbus-Verbindung kann mit einem Watchdog-Timer überwacht werden. Der Timer startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Nur die Geräte-Adresse ist dabei von Bedeutung, nicht der restliche Inhalt der Nachricht. Wenn der Master oder die Verbindung ausfällt und der Timer abläuft, werden die Ausgänge in ihre Grundeinstellung (sicherer Zustand) geschaltet und die rote LED leuchtet. Mit der Zeitkonstante 0 ist der Watchdog-Timer inaktiv. Die Überwachung gilt nur bei Steuerung der Relais über den Modbus.

Holding Registers	
Adr.	Beschreibung

66	BusTimeout	Zeitkonstante für die Verbindungs-Überwachung Die Zeit gilt nur bei Steuerung der Relais über den Modbus. Beim Timeout schalten die Relais in den Inaktiv-Zustand. Die Zeit startet mit jeder an das Gerät gerichteten gültigen Nachricht neu. Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 10 ms, Werkseinstellung 0 (Überwachung aus), Maximum 65535 (= 655,35 Sekunden = 10,9 Minuten), Speicherung im EEPROM

Bei der Festlegung der Zeitkonstante müssen mehrere Dinge berücksichtigt werden, die gemeinsam beeinflussen, wie oft ein bestimmter Slave adressiert wird:

- Baudrate des Bussystems
- Anzahl der Slaves
- Länge der Nachrichten je Slave
- Prioritäten bei der Adressierung der Slaves
- Übertragungsfehler bewirken Timeouts und Wiederholungen
- Leistungsfähigkeit und Auslastung des Masters

Discrete Inputs (Read-Only)		
Adr.	Name	Beschreibung
0…5	LeakDetect_1 … LeakDetect_6	Status-Bits für die erkannten Lecks Ein Bit ist gesetzt, wenn SensorResist < SensorThresh ist. Beim Vergleich gilt die Hysterese ± 5 % von SensorThresh.
16…21	CableBreak_1 … CableBreak_6	Status-Bits für die erkannten Leitungs-Unterbrechungen Ein Bit ist gesetzt, wenn ZenerVoltage > ZenerThresh ist, Beim Vergleich gilt die Hysterese ± 2,5 % von ZenerThresh.

Input Registers (Read-Only)		
Adr.	Name	Beschreibung
0	LeakDetect	Status-Register für erkannte Lecks in Bit 0…5, die Bits LeakDetect_1…6 sind hier zusammengefasst
1	CableBreak	Status-Register für Leitungs-Unterbrechungen in Bit 0…5, die Bits CableBreak_1…6 sind hier zusammengefasst
2…7	SensorResist_1 … SensorResist_6	Sensor-Widerstands-Messwerte, Auflösung, Einheit: 100 Ohm Maximum: 10000 (= 1 MOhm)
8…13	ZenerVoltage_1 … ZenerVoltage_6	Spannungen an den Z-Dioden zur Drahtbruch-Überwachung, Auflösung, Einheit: 100 mV

Coils		
Adr.	Name	Beschreibung
0…1	Relay_1 … Relay_2	Schaltzustand eines Relais (0 = Aus, 1 = Ein), bei Leckage-Erkennung oder Niveau-Wächter nur lesbar, bei Steuerung über den Modbus auch schreibbar. Die Inaktiv-Zustände sind in RelayPolarity definiert, die Aktiv-Zustände sind jeweils entgegengesetzt. Leckage-Meldung: Aktiv-Zustand, wenn ein Leck gemeldet wird. Niveau-Wächter: Aktiv-Zustand, wenn beide Elektroden berührt werden, Inaktiv-Zustand, wenn keine Elektrode berührt wird, Zustand beibehalten, wenn nur eine Elektrode berührt wird. Steuerung über den Modbus: Grundeinstellung ist der Inaktiv-Zustand.

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
0	Relay	Schaltzustand der Relais in Bit 0…1, die Bits Relay_1…2 sind hier zusammengefasst

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
1	RelayPolarity	Die beiden Relais haben Schließer-Kontakte, deren Schaltzustand “Aus” oder “Ein” ist. Sie werden von der Leckage-/Niveau-Überwachung mit den Zuständen “Inaktiv” oder “Aktiv” angesteuert. Mit diesem Register kann der Schaltzustand invertiert werden. Bit 0…1 entsprechen den Inaktiv-Zuständen der beiden Relais: 0: Inaktiv = Aus, Aktiv = Ein, 1: Inaktiv = Ein, Aktiv = Aus. Werkseinstellung 0b00, Speicherung im EEPROM
2…7	SensorThresh_1 ... SensorThresh_6	Schaltschwellen für die Sensor-Widerstände Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 100 Ohm, Werkseinstellung 200 (= 20 kOhm), Speicherung im EEPROM
8…13	ZenerThresh_1 ... ZenerThresh_6	Schaltschwellen für die Z-Dioden zur Drahtbruch-Überwachung Datentyp unsigned int16, Auflösung, Einheit: 100 mV, Werkseinstellung 110 (= 11 V), Speicherung im EEPROM
14 15	Mode_1 Mode_2	Betriebsarten für Relais 1 und 2 0: Leckage-Meldung, 1: Niveau-Wächter (Eingang 1 oben, 2 unten), 2: Niveau-Wächter (Eingang 3 oben, 4 unten), 3: Niveau-Wächter (Eingang 5 oben, 6 unten), 4: Kombinatorische Funktion für Eingänge, sonst: Steuerung über den Modbus. Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
16 17	LeakEnable_1 LeakEnable_2	Analog-Eingänge für die Leckage-Meldung mit Relais 1 / 2 Wenn Bit 0…5 gesetzt sind, bewirken die entsprechenden Bits in LeakDetect, dass in der Betriebsart Leckage-Meldung das Relais 1 oder 2 in den Aktiv-Zustand schaltet. Werkseinstellung 0b000111 (LeakEnable_1), Werkseinstellung 0b111000 (LeakEnable_2), Speicherung im EEPROM
18	ZenerEnable	Eingänge mit installierter Leitungs-Überwachung Nur wenn Bit 0…5 gesetzt sind, werden die entsprechenden Bits in CableBreak bei einer Leitungs-Unterbrechung gesetzt. Werkseinstellung 0b111111, Speicherung im EEPROM
19 20	BreakEnable_1 BreakEnable_2	Eingänge für die Leitungsbruch-Meldung mit Relais 1 / 2 Wenn Bit 0…5 gesetzt sind, bewirken die entsprechenden Bits in CableBreak, dass in der Betriebsart Leckage-Meldung das Relais 1 oder 2 in den Aktiv-Zustand schaltet. Werkseinstellung 0b000000 (BreakEnable_1), Werkseinstellung 0b000000 (BreakEnable_2), Speicherung im EEPROM

Holding Registers		
Adr.	Name	Beschreibung
21…28 29…36	RelayMatrix_1 RelayMatrix_2	Register für die Kombinierung der Eingänge Es werden Bits 0…8 verwendet. Der Wert in den Registern entspricht dem Schaltzustand des jeweiligen Relais bei allen möglichen Eingangskombinationen. Die Kombinationen werden wie folgt errechnet: Reg(X), Bit(Y) = gewünschter Zustand Relais (1 / 0) wobei $X=(DI1*2^0+DI2*2^1+DI3*2^2+DI4*2^3+DI5*2^4+DI6*2^5)//8$ +21 (bzw. 29) $Y=(DI1*2^0+DI2*2^1+DI3*2^2+DI4*2^3+DI5*2^4+DI6*2^5)\%8$ Werkseinstellung 0, Speicherung im EEPROM

Modbus-Funktion “43 /14 (0x2B / 0x0E) Read Device Identification”

Anforderung

Geräte ID Code lesen:	0x01
Objekt ID	0x00

Rückmeldung

Geräte ID Code	0x01
Conformity level	0x01
Weitere folgen	0x00
Next Objekt ID	0x00
Anzahl an Objekten	0x03
Objekt ID	0x00
Objekt Länge	0x11
Objekt Wert	“METZ CONNECT GmbH”
Objekt ID	0x01
Objekt Länge	0x06
Objekt Wert	“MR-LD6”
Objekt ID	0x02
Objekt Länge	0x04
Objekt Wert	“V1.1”