

# 16 Verarbeitung von Analogwerten

## 16.1 Analoge Signale

Neben den digitalen Signalen, die nur den Zustand „1“ oder „0“ haben können, werden in der Steuerungstechnik häufig analoge Signale verwendet. Sie können in einem bestimmten Bereich viele Werte annehmen. Typische Größen, die analog erfasst werden, sind Temperaturen, Drücke, Drehzahlen usw.

Mittels Sensoren werden diese physikalischen Größen in elektrische Signale umgewandelt. Für die Arbeit mit analogen Signalen müssen analoge Eingänge bzw. Ausgänge in der SPS verwendet werden. Standardmäßig werden die analogen Größen als Signale von 0 bis 10 V, 0 bis 20 mA oder 4 – 20 mA dargestellt.

Eine Temperatur, die in dem Bereich 0 – 100 °C von einem Sensor erfasst wird, kann als ein Signal von 0 bis 10 V dargestellt werden. 0 V entspricht dann 0 °C, 6 V entsprechend 60 °C.

Die Analogwerte werden nur in binärer Form von der CPU verarbeitet. Analog-Eingabebaugruppen wandeln das analoge in ein digitales Signal um. Analog-Ausgabebaugruppen wandeln den digitalen Wert in ein Analogsignal um.

### Darstellung eines Analogwertes in 16-Bit-Auflösung

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Wert des Bits	Vorzeichen	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Im Bit 15 wird immer das Vorzeichen angegeben: „0“  $\Rightarrow$  positives Vorzeichen  
 „1“  $\Rightarrow$  negatives Vorzeichen

Wenn die Auflösung weniger als 16 Bit beträgt, wird der Analogwert in dem Wort hinterlegt. In die nicht verwendeten Bits wird ein 0-Signal geschrieben.

### Analogwertdarstellung im Spannungsmessbereich 1 bis 5 V und 0 bis 10 V

System			Spannungsmessbereich		
	dez.	hex.	1 bis 5 V	0 bis 10 V	
118,515 %	32767	7FFF	5,741 V	11,852 V	Überlauf
117,593 %	32512	7F00			
117,589 %	32511	7EFF	5,704 V	11,759 V	Übersteuerungs- bereich
	27649	6C01			
100,000 %	27648	6C00	5 V	10 V	Nennbereich
75 %	20736	5100	3,75 V	7,5 V	
0,003617 %	1	1	1 V + 144,7 $\mu$ V	0 V + 361,7 $\mu$ V	
0 %	0	0	1 V	0 V	
-17,593 %	-1	FFFF		negative Werte nicht möglich	Untersteuerungs- bereich
	-4864	ED00	0,296 V		
$\leq -17,596$ %	-4865	ECFF		negative Werte nicht möglich	Unterlauf
	-32768	8000			

Auszug aus: *SIMATIC Automatisierungssystem S7-300 Baugruppendaten Referenzhandbuch, Siemens*

Aus dem Referenzhandbuch des Herstellers ist ersichtlich, dass ein analoges Signal mit dem Messbereich 0 – 10 V im Nennbereich dezimal von 0 bis 27648 dargestellt wird. Dadurch ergibt sich eine Auflösung von  $10 \text{ V} / 27648 = 361,7 \text{ } \mu\text{V}$  pro Digit.

Ein analoges Signal von 7,5 V entspricht der dezimalen Zahl 20736. Außerhalb des Nennbereichs werden bei analogen Werten auch Werte im Über- und Untersteuerungsbereich sowie im Über- und Unterlauf erfasst.

**Analogwertdarstellung im Spannungsmessbereich 0 bis 20 mA und 4 bis 20 mA**

System			Strommessbereich		
	dez.	hex.	1 bis 20 mA	0 bis 20 mA	
118,515 %	32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Überlauf
117,593 %	32512	7F00			
117,589 %	32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Übersteuerungs- bereich
	27649	6C01			
100,000 %	27648	6C00	20 mA	20 mA	Nennbereich
75 %	20736	5100	15 mA	16 mA	
0,003617 %	1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	
0 %	0	0	0 mA	4 mA	
-17,593 %	-1	FFFF	-3,52 mA	1,185 mA	Untersteuerungs- bereich
	-4864	ED00			Unterlauf
	-4865	ECFF			
≤ -17,596 %	-32768	8000			

Auszug aus: *Simatic Automatisierungssystem S7-300 Baugruppendaten Referenzhandbuch, Siemens*

## 16.2 Analogwerte einlesen und ausgeben

Analogwerte werden als Wort im Format Integer (INT) verarbeitet. Analogwerte sind dem Peripheriebereich zugeordnet. Die Adressen der Ein- und Ausgänge können der Hardwarekonfiguration entnommen werden. Die Bearbeitung der Peripherie-Eingangs- und Peripherie-Ausgangswörter erfolgt über die Lade- und Transferbefehle:

```

L PEW 752    //Lade das analoge Peripherieeingangswort 752
T MW10       //Transferiere zum Merkerwort 10
...

L MW12       //Lade das Merkerwort 12
T PAW 752    //Transferiere zum analogen Peripherieausgangswort 752

```

Im Funktionsplan kann die Bearbeitung mit dem Befehl MOVE erfolgen:



Die eingelesenen Werte können weiterverarbeitet werden. Es können die mathematischen Funktionen (Kap. 15) angewendet werden.

## 16.3 Analogwerte einlesen und normieren

Wenn ein Analogwert eingelesen wurde, wird er in der Regel vor der Weiterverarbeitung normiert, d.h. er wird in eine Realzahl umgewandelt, um Rechenoperationen durchführen zu können. Außerdem wird er dem Nennbereich des Messsignals angepasst.

Die Normierung erfolgt mit folgender Gleichung:

$$NW = \frac{AEW}{27648} \times (HI\_LIM - LO\_LIM) + LO\_LIM$$

mit: NW = Normierter Wert  
 AEW = Analoges Eingangswort  
 HI\_LIM = Oberer Grenzwert

LO\_LIM = Unterer Grenzwert  
 27648 = Auflösung des Nennbereichs

**Beispiel:** Eine Temperatur wird durch einen Sensor erfasst. Der Sensor liefert einen analogen Wert von 0 bis 10 V. 0 V entspricht 100 °C. 10 V entspricht 400 °C. Gesucht wird der normierte Wert des Eingangswertes 20736 (entspricht 7,5 V).

$$NW = \frac{20736}{27648} \times (400\text{ °C} - 100\text{ °C}) + 100\text{ °C} = 325\text{ °C}$$

### Darstellung in AWL

Wie im vorherigen Beispiel soll der Analogwert eines Temperatursensors gelesen werden. Der Wert soll aus dem Peripherieeingangswort PEW752 geladen, normiert und dann ins Merkerdoppelwort 32 geschrieben werden. Der untere Temperaturwert beträgt 100 °C (= 0 V), der oberer Wert 400 °C (= 10 V).

```

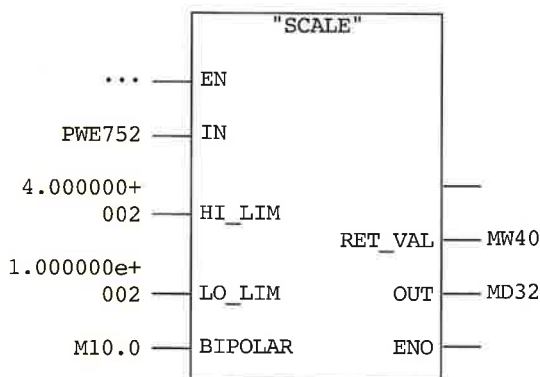
L   PEW 752      //Analogwert (0 – 10 V) einlesen, entspricht Nennbereich 0-27648 Ganzzahl (16 Bit)
ITD              //Ganzzahl (16 Bit) in Ganzzahl (32 Bit) umwandeln
DTR             //Ganzzahl (32 Bit) in Gleitpunktzahl (REAL) umwandeln
L   2.7648e+4    //Lade den Teiler 27648 (Auflösung des Nennbereichs) als Gleitpunktzahl
/R              //Analogwert durch 27648 dividieren
L   3.00e+2      //Lade den Bereichswert (HI_LIM - LO_LIM), hier 400 – 100 (°C)
*R              //Multiplikation mit (HI_LIM - LO_LIM) als Gleitpunktzahl, hier 300 (°C)
L   1.00e+2      //Lade den unteren Grenzwert LO_LIM, hier 100 (°C)
+R              //Addition mit unterem Grenzwert LO_LIM, hier 100 (°C)
T   MD32         //Transferiere zum Merkerdoppelwort 32

```

### FC 105 – Analogwert einlesen

Zum Einlesen und Normieren von Analogwerten kann auch die Bibliotheks-Funktion **FC105 Scale – Werte skalieren** benutzt werden. Die Funktion ist unter **Bibliotheken** ⇒ **Standard Library** ⇒ **Ti-S7** zu finden.

**Netzwerk 1:** Analogwert einlesen und normieren



Parameter	Datentyp	Beschreibung
EN	BOOL	Aktivierung des FC 105
IN	INT	Eingabewert, der skaliert werden soll
HI_LIM	REAL	oberer Grenzwert
LO_LIM	REAL	unterer Grenzwert
BIPOLAR	BOOL	1 ⇒ Eingabewert mit positiven und negativen Werten 0 ⇒ Eingabewert nur mit positiven Werten
RET_VAL	WORD	Gibt den Wert W#16#0000 aus, wenn die Operation fehlerfrei ausgeführt wird.
OUT	REAL	Ergebnis der Skalierung
ENO	BOOL	1-Signal bei fehlerfreier Ausführung der Funktion

## 16.4 Analogwerte auslesen und normieren

Wenn ein normierter Wert an einer Ausgabebaugruppe als Wort ausgegeben werden soll, so muss dieser zuvor entsprechend normiert werden. Um Rundungsfehler zu vermeiden, wird dieses noch im Datentyp REAL durchgeführt. Dann wird dieser Wert auf eine Ganzzahl gerundet.

Die Normierung erfolgt mit folgender Gleichung:

$$AAW = \frac{NW - LO\_LIM}{HI\_LIM - LO\_LIM} \times 27\,648$$

mit: AAW = Analoger Ausgangswert  
 NW = Normierter Wert  
 HI\_LIM = Oberer Grenzwert  
 LO\_LIM = Unterer Grenzwert  
 27648 = Auflösung des Nennbereichs

**Beispiel:** Ein Frequenzumrichter soll einen Motor stufenlos in der Drehzahl ansteuern. Die Ansteuerung erfolgt über einen analogen SPS-Ausgang (0 – 10 V). Der Drehzahlwert liegt im Merkerdoppelwort MD40 im Bereich 100 – 1500 (min<sup>-1</sup>) vor.

Bei einer Drehzahl von 900 min<sup>-1</sup> ergibt sich ein Ausgangswert von:

$$AAW = \frac{90 - 100}{1500 - 100} \times 27\,648 = 15\,799$$

Das entspricht einer Ausgangsspannung von  $\frac{10\text{ V}}{27\,648} \times 15\,798 = 5,71\text{ V}$

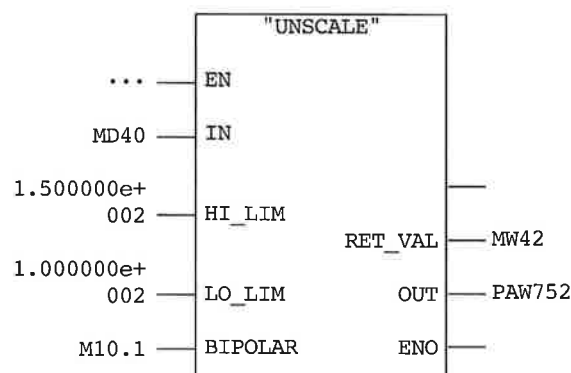
### Darstellung in AWL

```
L MD40 //Gleitpunktzahl 100 – 1500(min-1)
L 1.00e+2 //Lade den unteren Grenzbereich LO_LIM, hier 100 (min-1)
-R //Subtrahiere den unteren Grenzwert
L 1.400e+3 // Lade den Bereichswert (HI_LIM - LO_LIM), hier 1500 – 100 (min-1)
/R //Division durch (HI_LIM - LO_LIM) als Gleitpunktzahl, hier 1400 (min-1)
L 2.7648e+4 //Lade den Wert 27 648 (Auflösung des Nennbereichs) als Gleitpunktzahl
*R //Multiplikation mit dem Wert 27 648
RND //Wert wird zu einer Ganzzahl gerundet
T PAW752 //Transferiere zum Peripherieausgangswort 752
```

### FC 106 – Analogwert auslesen

Zum Auslesen und Normieren von Analogwerten kann auch die Bibliotheks-Funktion **FC106 Unscale – Werte deskalieren** benutzt werden. Die Funktion ist unter **Bibliotheken** ⇒ **Standard Library** ⇒ **Ti-S7** zu finden.

**Netzwerk 2:** Analogwert auslesen und normieren





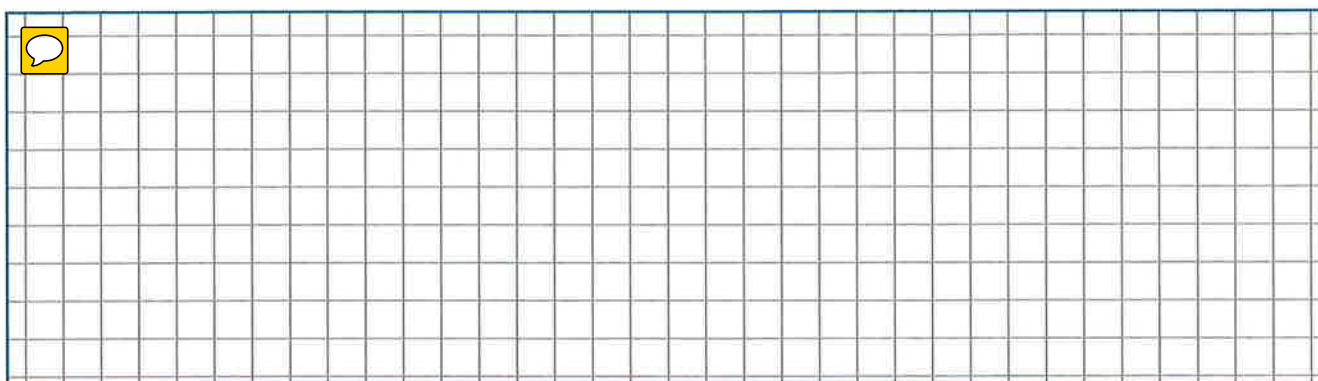
Parameter	Datentyp	Beschreibung
EN	BOOL	Aktivierung des FC 106
IN	REAL	Eingabewert, der skaliert werden soll
HI_LIM	REAL	oberer Grenzwert
LO_LIM	REAL	unterer Grenzwert
BIPOLAR	BOOL	1 $\Rightarrow$ Eingabewert mit positiven und negativen Werten 0 $\Rightarrow$ Eingabewert nur mit positiven Werten
RET_VAL	WORD	Gibt den Wert W#16#0000 aus, wenn die Operation fehlerfrei ausgeführt wird.
OUT	INT	Ergebnis der Skalierung
ENO	BOOL	1-Signal bei fehlerfreier Ausführung der Funktion

## 16.5 Wiederholungsfragen

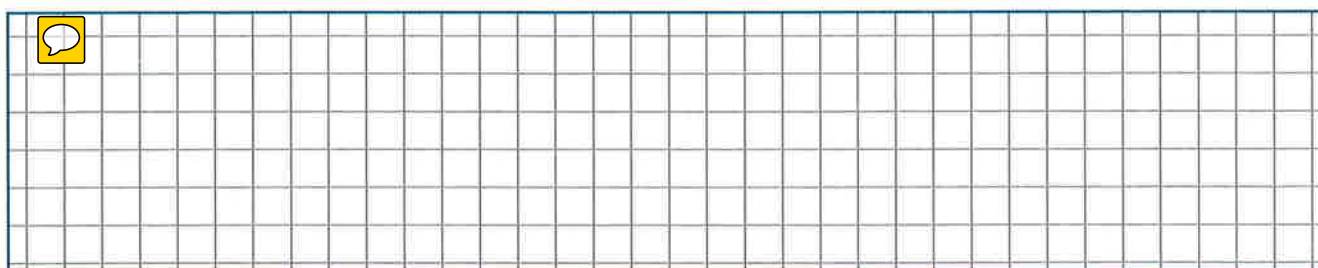
- 1 In welchem Bit des Analogwertes des Peripherieeingangswortes 256 wird das Vorzeichen definiert?



- 2 Was versteht man unter Normierung eines analogen Eingangswertes?



- 3 Ein analoger Eingang mit dem Strommessbereich 0 – 20 mA weist einen dezimalen Wert von 14222 auf. Welcher Strom fließt im analogen Eingang?



- 4 Am Spannungsmessbereich eines analogen Einganges wird der hexadezimale Wert 7FFF angegeben. Was bedeutet dieser Wert?

