

Mikroprozessor Programmierung

Laborübungen

Institut für Elektronik, TU Graz

Schrittmotorsteuerung

Übungsinhalt:

- Programmierung eines Mikrocontrollers
- Ansteuerung eines Schrittmotors mit einem Mikrocontroller

Vorausgesetzte Kenntnisse:

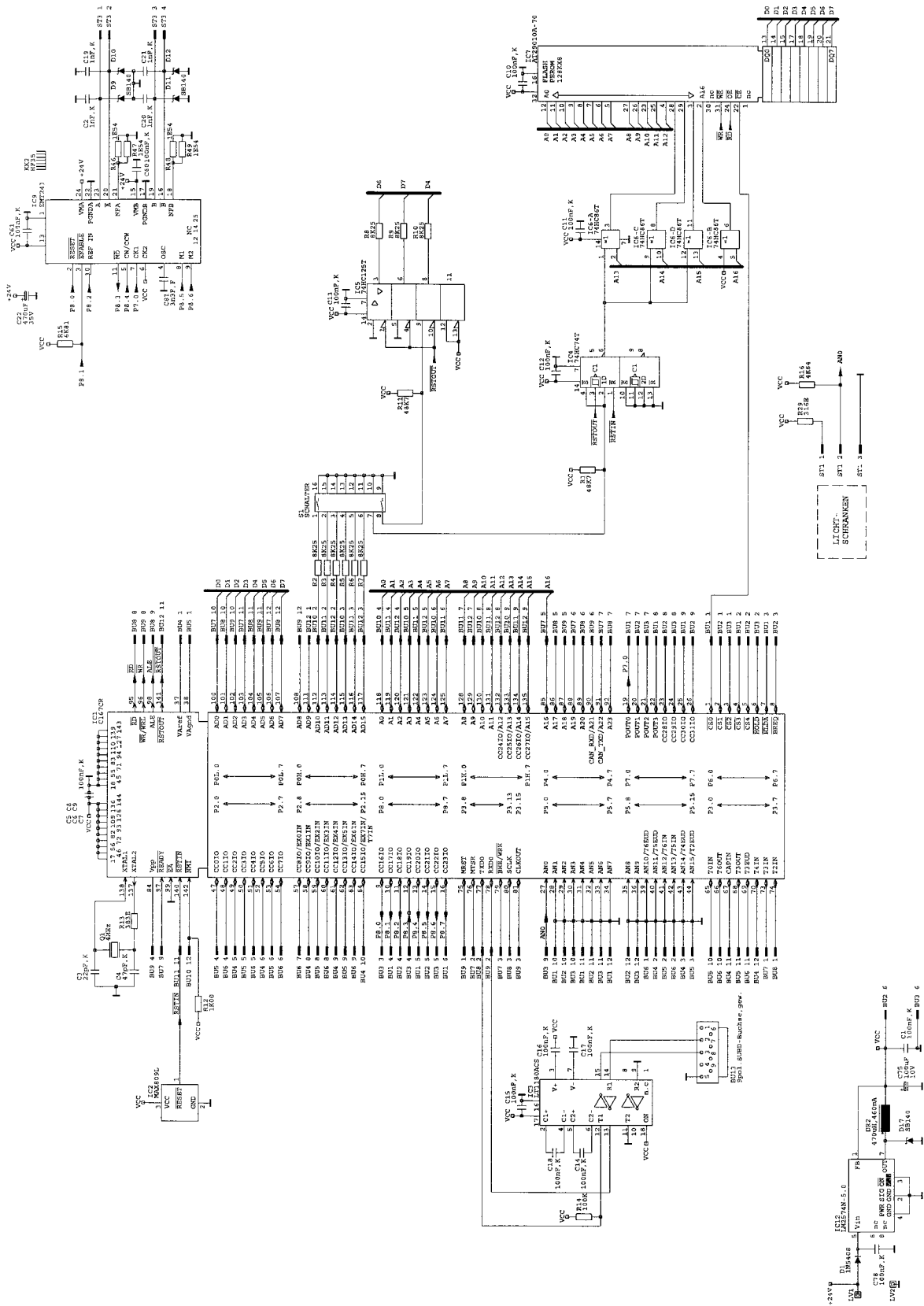
- Übungsunterlagen Schrittmotorsteuerung
- Basiskenntnisse Programmierung (C)
- Kenntnisse über die Vorlesung Mikroprozessor Programmierung

Literatur:

Homepage IFE > Lehrveranstaltung > Mikroprozessor

Programmierung > C167 User Manual V31- Abschnitt 16

Schaltplan des Laboraufbaus:



Schaltung des Laboraufbaus:

Der Übungsaufbau wird mit 24 Volt DC versorgt, dies ist die notwendige Betriebsspannung für den Schrittmotor-Treiberbaustein. Die für die übrigen Bausteine notwendigen 5 Volt werden mit dem Step-Down Converter LM2574 erzeugt.

Als Mikrocontroller wird ein C167 verwendet. Sein Takt wird von einem Quarz mit 4Mhz abgeleitet, der im Übungsaufbau mit der in dem Controller vorgesehenen PLL auf eine CPU Frequenz von 16 Mhz erhöht wird.

Als Programmspeicher kommt ein 128kByte Flash AT29C010 zum Einsatz, das bereits ein Ladeprogramm beinhaltet, mit dem das Anwenderprogramm in das Flash programmiert werden kann. Die höheren Adressleitungen, die zum Flash führen, können mit EXOR Gattern invertiert werden, dadurch ist es möglich, das Ladeprogramm ab der Adresse 0, dem Reset-Start des Controllers, zu starten. Der Lader kopiert sich dann in das interne RAM des Controllers und wird dort ausgeführt. Er schaltet die Adressinvertierung wieder aus und kann das Anwenderprogramm ab der Adresse 0 in das Flash programmieren, von wo aus es dann gestartet werden kann.

Die serielle Schnittstelle des Controllers wird mit dem Treiber LT1080 auf eine normgerechte RS232 geformt. Diese wird mit dem PC verbunden; über sie wird mit einem Terminal Programm sowohl das Anwenderprogramm geladen als auch die Daten mit dem Übungsaufbau ausgetauscht.

Laden eines Anwenderprogramms:

Am Terminalprogramm (TeraTerm) werden folgende Parameter eingestellt:

- 9600 baud
- 8bit Daten
- keine Parität
- 1 Stoppbit
- keine Flusskontrolle

Nach einem Reset des Mikrocontrollers meldet sich das Ladeprogramm mit folgender Einschaltmeldung:

```
# Hex Loader Vers.: Jul 04 2001  
# (daaaaa, s, :...)
```

Über den Menüpunkt „File → Send File“ wird nun das Anwenderprogramm (im Intel-Hex-Format) zum Mikrocontroller übertragen. Nach erfolgreicher Programmierung des Programmspeichers erfolgt folgende Anzeige:

```
# Loaded! #
```

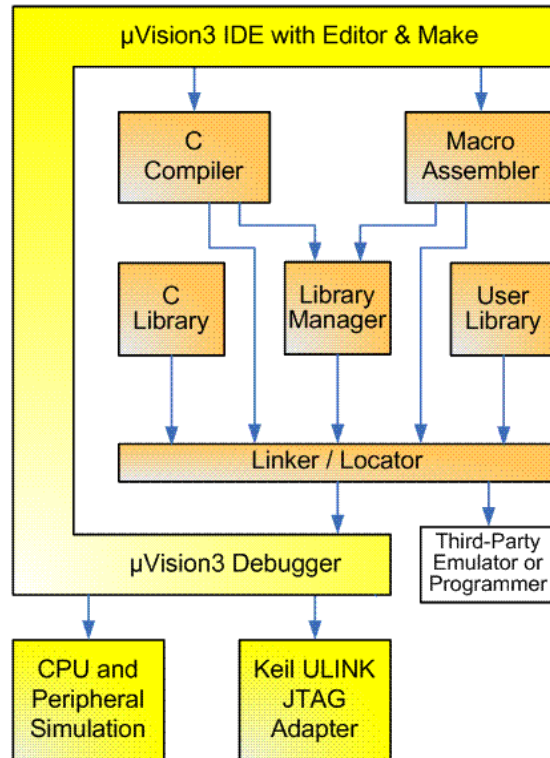
Durch drücken der Taste ‚s‘ wird das Anwenderprogramm gestartet und folgende Meldung am Terminal angezeigt:

```
# Starting Application #
```

Entwicklungsumgebung:

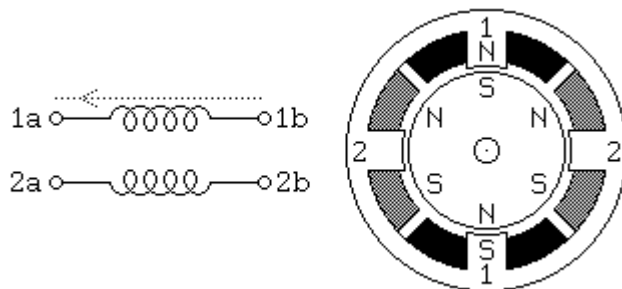
Die Software wird mit der Entwicklungsumgebung der Firma Keil in C erstellt. Diese Entwicklungsumgebung stellt nicht nur einen C-Compiler zur Verfügung, sondern es kann auch der gesamte Mikrocontroller simuliert werden.

Die Einschulung wird in der Übung durchgeführt.

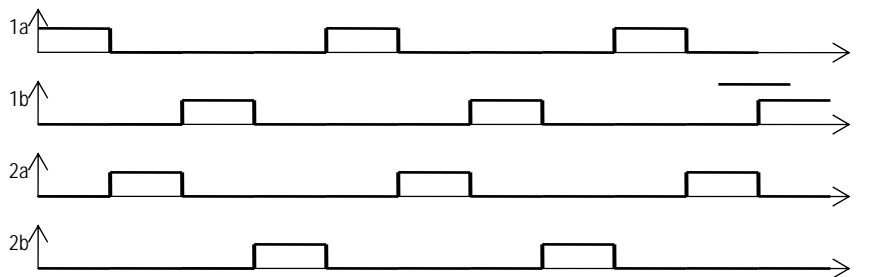


Schrittmotor:

Den prinzipiellen Aufbau eines Schrittmotors zeigt das Bild:



Ansteuerung im Vollschritt:



Ein bipolarer Schrittmotor besitzt zwei Wicklungen im Stator, während der Rotor mit Permanentmagneten aufgebaut ist. Durch Umkehr der Stromrichtung in den Wicklungen kann man Nord und Südpole erzeugen. Durch Mehrfachanordnung der Pole im Rotor wird die Winkelauflösung des Motors bestimmt. Von der Ansteuerung her gibt es also vier Zustände, die mit der Polpaaranzahl multipliziert die Schritte pro Umdrehung ergeben. (Im obigen Beispiel 3 Polpaare, 12 Schritte / Umdrehung, Winkelauflösung 30 Grad)

In der Übung wird ein bipolarer Schrittmotor mit einer Winkelauflösung von 7.5 Grad, das ergibt 48 Schritte pro Umdrehung, verwendet.

Bei der Ansteuerung wird zwischen Vollschritt, Halbschritt, Viertelschritt u.s.w. unterschieden. Bei Vollschritt werden die Wicklungen mit vollem Strom weitergeschaltet, bei Mikroschrittbetrieb werden Zwischenwerte in die Ansteuerung eingefügt, die eine Sinusfunktion im Strom annähern und dann eine um diesen Faktor multiplizierte größere Schrittzahl ermöglichen. Sie verbessern auch das Drehmomentverhalten des Motors. Vorsicht bei Präzisionsanwendungen. Diese feinere Unterteilung ist nicht linear und das Haltemoment ist nicht so hoch! Man sollte also immer auf einem Vollschritt stehen bleiben.

Bei Start und Stopp des Motors gibt es eine von der Last abhängige maximale Ansteuerfrequenz, die wesentlich unter der Maximalfrequenz des Motors liegt. Zum Anfahren und Bremsen des Motors verwendet man eine Rampenfunktion, die eine konstante Beschleunigung des Motors bewirkt.

Schrittmotortreiber IMT-901:

Die Ansteuerung der beiden Wicklungen des Schrittmotors erfolgt durch einen eigenen Treiberbaustein. Dieser Treiberbaustein wird vom Mikrocontroller über Steuerleitungen angesteuert. Folgende Anschlüsse stehen zur Verfügung:

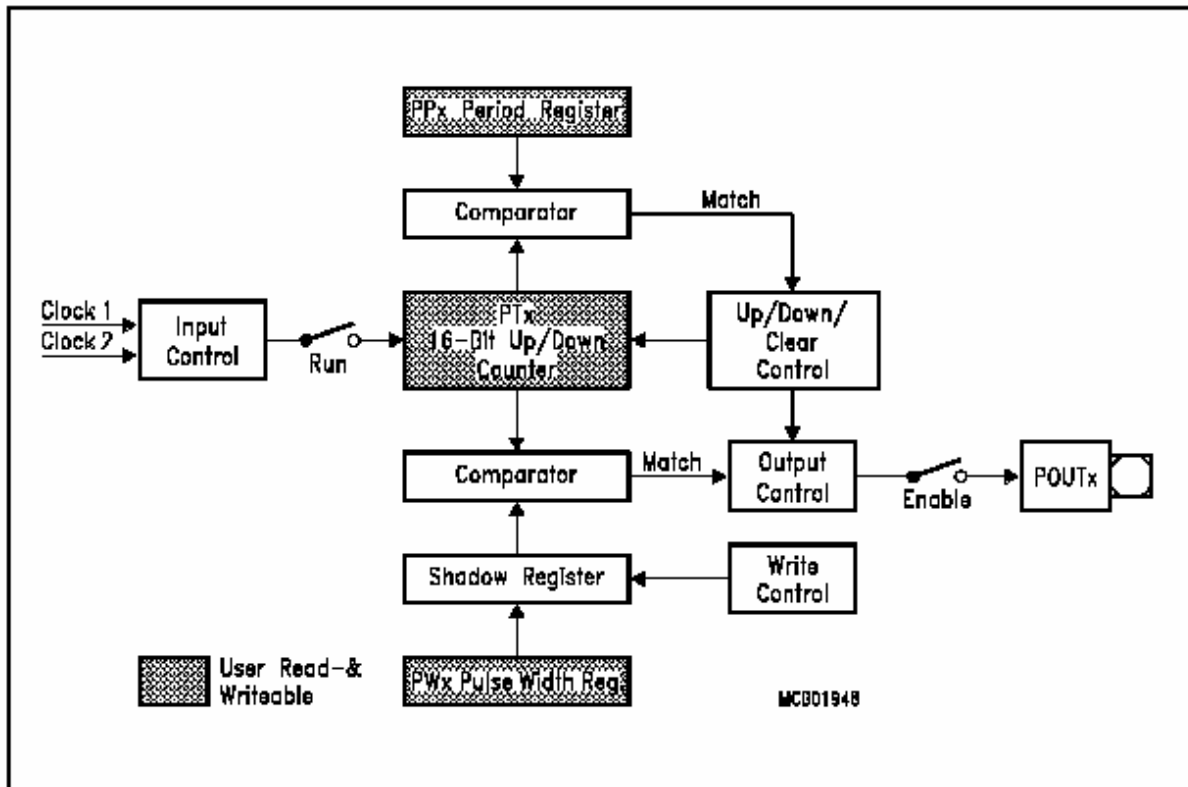
- M1 & M2 Schrittmodus (M1:P8.5 M2:P8.6):
Da die maximale Ansteuerfrequenz des Treiberbausteins 5Khz beträgt und der Motor maximal 1Khz Schrittfrequenz verträgt, wird ¼ Schritt Ansteuerung gewählt.
- CW/CCW (P8.4):
Einstellung der Laufrichtung CW/CCW (links/rechts)
- REF_IN (P8.2):
Einstellung der verwendeten Stromstärke (high=100% / low=65%)
- Reset (P8.0):
Reset des Treiberbausteins
- Enable (P8.1):
Strom Ein/Aus
- Clock (P7.0):
Schrittmotortakt, wird mittels der PWM-Einheit erzeugt

Der Schrittmotortreiber legt je nach gewünschtem Schrittmodus die erforderliche Spannung an die Spulen des Schrittmotors. Die verschiedenen Kurvenformen können dem angefügtem Datenblatt des Schrittmotortreibers entnommen werden.

Der Strom der dabei durch die Spulen des Schrittmotors fließt wird über externe Widerstände (R46/R47 & R48/R49) eingestellt. Mit Hilfe des Eingangs ‚REF_In‘ kann der Strom(und dadurch das Moment) reduziert werden. Dies wird zum Beispiel bei Stillstand des Motors verwendet um die Verluste im Motor zu reduzieren.

PWM-Einheit des Mikrocontrollers:

Zur Erzeugung des Taktes für den Schrittmotortreiberbaustein wird die PWM (Pulse Width Modulation) Einheit des Mikrocontrollers verwendet, da diese die feinste Unterteilung des CPU Clocks ermöglicht.



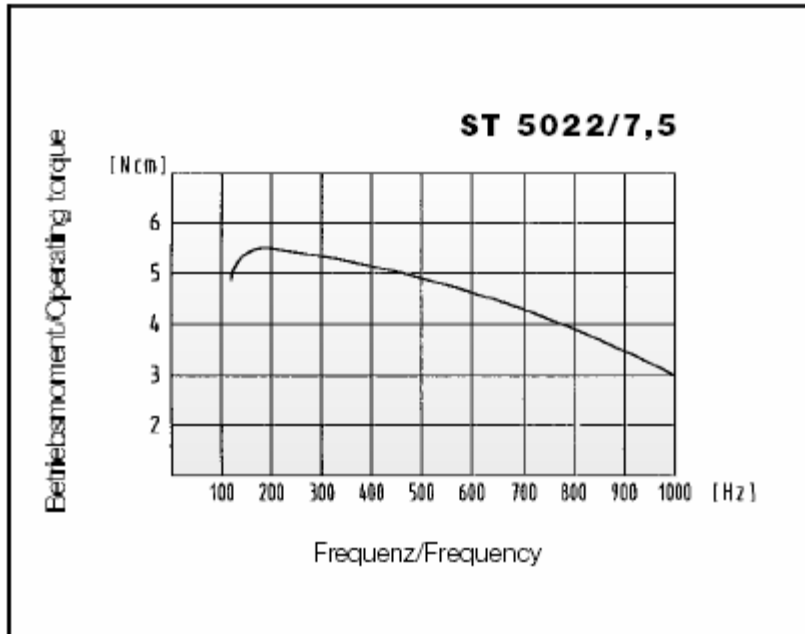
Der CPU Clock liefert den Takt für den 16 bit Zähler PTx. Dieser Zähler beginnt wieder von 0 an zu zählen wenn sein Wert mit dem PPx Register übereinstimmt. Gleichzeitig wird der Portpin POUTx zurückgesetzt. Stimmt der Zählerstand des Zählers mit dem Register PWx überein so wird der Potpin POUTx gesetzt.

Am Port POUTx erscheint eine Rechteckschwingung mit der Periode $(PPx+1)/CPU\text{-Clock}$. Das Register PWx bestimmt dabei das Tastverhältnis und kann mit einem konstanten Wert geladen werden. Dabei muss beachtet werden das der Highimpuls mindestens $10\mu s$ lang sein muss, damit der Schrittmotortreiber den Takt erkennt.

Lichtschranke:

Am Übungsaufbau ist auch eine Lichtschranke montiert, die es erlaubt eine absolute Positionierung (Nullmarke) des Motors zu erkennen. Der Status der Lichtschranke kann an Portpin P5.0 eingelesen werden. Ist die Lichtschranke unterbrochen so liegt ein Highpegel an diesem Portpin.

Die Daten des verwendeten Schrittmotors:



Motor typ	Motor type	ST 5022/7,5		
Betriebsart	Operating mode	bipolar		
Schrittinkel	Step angle	α	7,5	
Schritte/Umdrehung	Steps per turn	VS	48	
Nennspannung	Nominal voltage	U_N	V	4
Aufnahmeleistung	Power consumption	P_1	W	4
Wicklungsübertemperatur	Winding temperature rise	Δt	°C	65
Rotorträgheitsmoment	Inertia of rotor	J_R	gcm ²	25
Strom pro Phase	Current per phase	I	A	0,53
Widerstand pro Phase	Resistance per phase	R	W	7
Induktivität pro Phase	Inductance per phase	L	mH	11
max. Drehmoment (200 Hz)	Max. operating torque (200 Hz)	$M_{max.}$	Ncm	5,5
Haltemoment	Holding torque	M_H	Ncm	7,5
Selbthaltemoment	Detent torque	M_S	Ncm	1
Prüfspannung nach	High voltage test			
VDE 0530 1sec.	VDE 0530 1sec	U_P	VH~	1500
Gewicht	Weight	G	g	195
Ansteuerungsart	Driver mode	Chopperbetrieb/Chopper drive 24 V		

IMT-901 Mikroschritt-Treiber

Der IMT-901 ist ein Mikroschritt-PWM-Konstantstrom-Treiber. Sinusähnlicher Mikroschritt wird hardwaremäßig im Baustein IMT 901 erzeugt und durch Impulseingänge am Leistungsausgang zur Verfügung gestellt.



Vorteile:

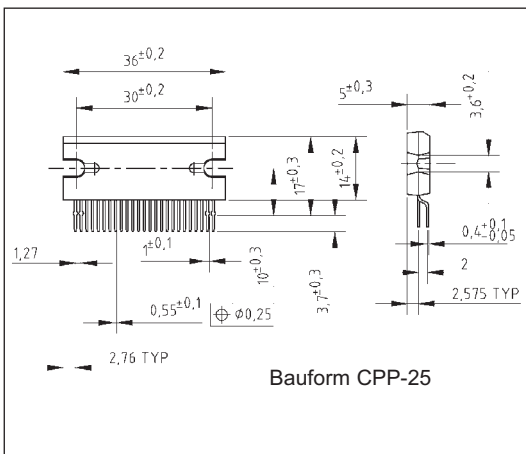
- nur 1 IC für Leistung und Logik (bis 2,5 A/Phase) reduziert erheblich den Platzbedarf, Bestückungsaufwand u. somit die Kosten eines kompl. Mikroschritt-Treibers bei einem Minimum an externen Bauelementen und einem Maximum an Funktionen
- 1/1-, 1/2-, 1/4-, 1/8-Schrittumschaltung ermöglicht eine individuelle anwendungsbezogene Mikroschritt-Umschaltung mit ruhigem, gleichförmigen Laufverhalten und reduzierten Systemresonanzen
- Stromreduzierung oder Stromnullung reduziert bzw. eliminiert die Verlustleistung u. Erwärmung im Motorstillstand

- Passende Isolier-Wärmeleitfolie (siehe Zubehör)

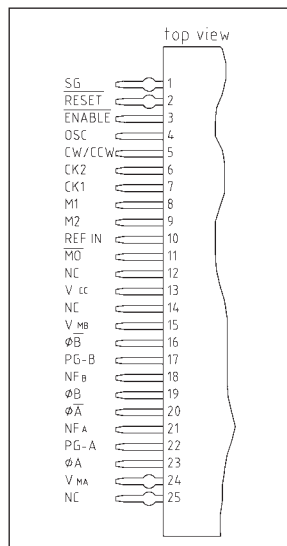


Kompl. Info im Internet:
www.nanotec.de

Maßbild (mm)



PIN-Belegung

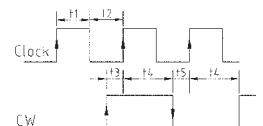


max. Nennwerte (bei 25°C)

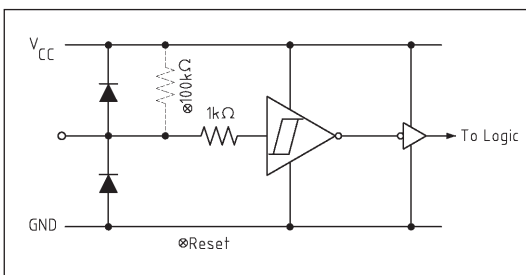
Vers. Spannung V _{CC} :	5,5 V
V _M :	40 V
Ausg. Strom I _{out} :	1,5 A (mittel) 2,5 A (spitze)
Verl. Leistung P _d :	5 W/43 W ohne/mit Kühlkörper T _C =85°C
max. Taktfrequenz:	50kHz
Arbeitstemp.:	-40°C bis 85°C
Speichertemp.:	-55°C bis 150°C

Input	Mode	
M1	M2	
L	L	1/1 Schritt
H	L	1/2 Schritt
L	H	1/4 Schritt
H	H	1/8 Schritt

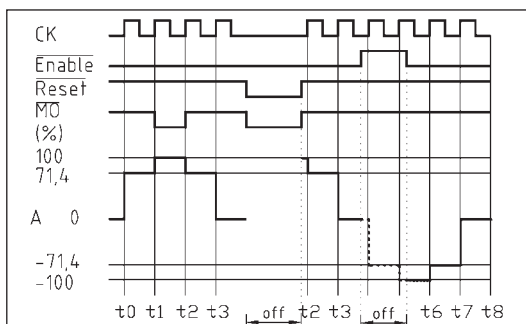
Signalschaltzeiten
t1: Pulsbreite >10µs
t2: Pulspause >10µs
t3: > 5µs
t4: >10µs



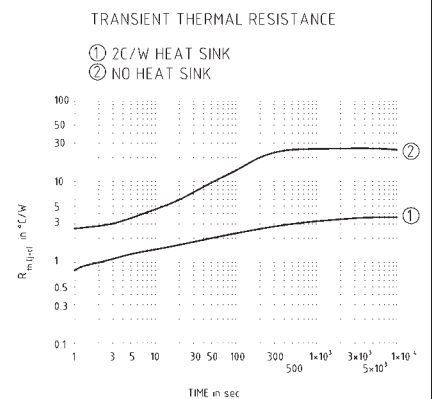
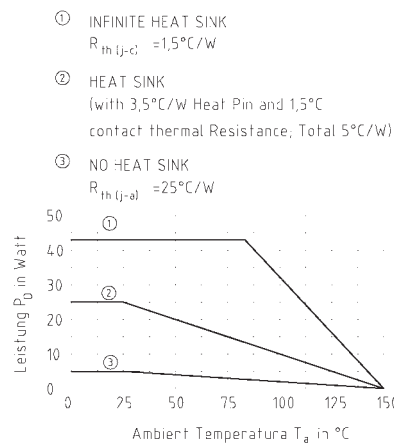
Eingänge



Ein-/Ausgangssignale



Temperaturverhalten

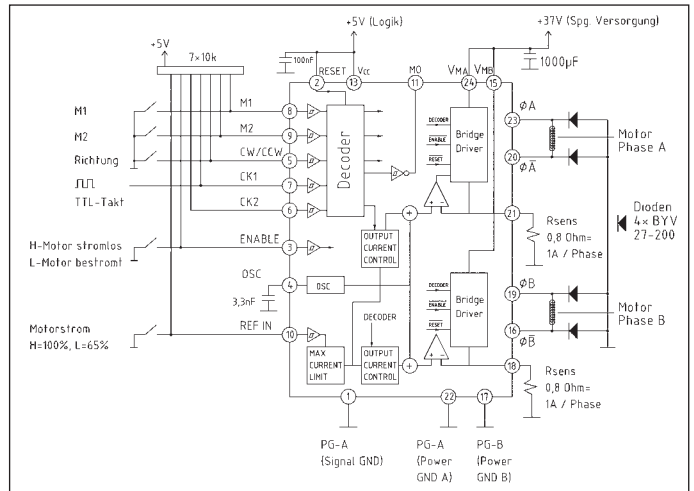


IMT-901

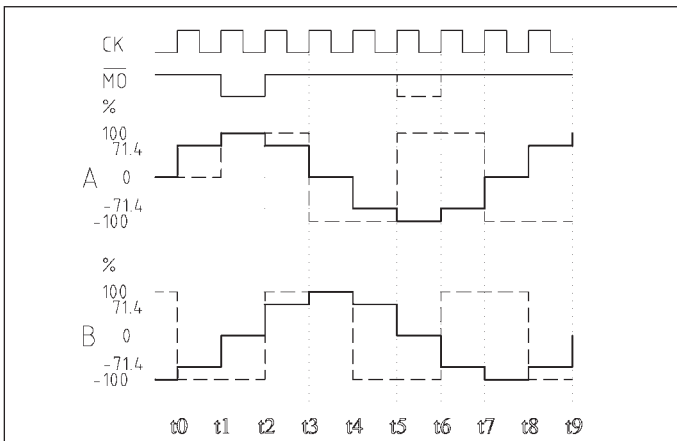
Funktionstabelle

INPUT					MODE
CK1	CK2	CW/CCW	Enable	Reset	
	H	L	L	H	CW
	L	L	L	H	INHIBIT
H		L	L	H	CCW
L		L	L	L	INHIBIT
	H	H	L	H	CCW
	L	H	L	H	INHIBIT
H		H	L	H	CW
L		H	L	H	INHIBIT
X	X	X	H	H	Z
X	X	X	X	L	Z

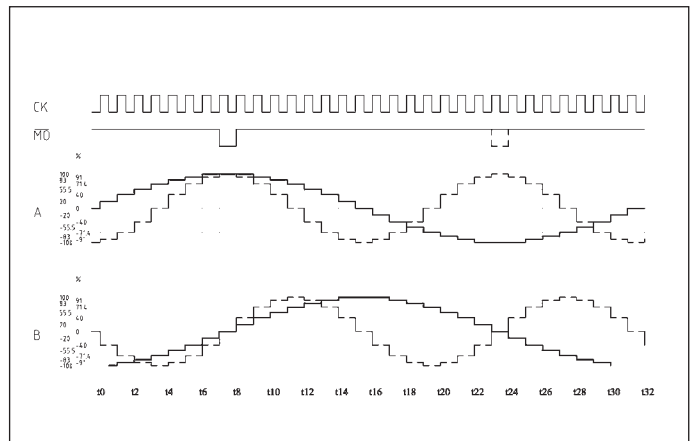
Blockdiagramm (+ externe Beschaltung)



Voll-/Halbschritt-Betrieb



Viertel-/Achtelschritt-Betrieb



Elektrische Kennwerte 1 (Ta=25°, VCC=5V, VM=24V)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25° C, VCC=5V, VM=24V)								
CHARACTERISTICS	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.		
NF Terminal Current	I_{NF}	-	SOURCE TYPE	-	170	-		
OSC Frequency	f_{OSC}	-	$C_{OSC}=0.0033\mu F$	25	44	62		
Output Saturation Voltage	$V_{SAT(U)}$	Upper Side	$I_{OUT}=0.9 A$	-	1.8	2.2		
		Lower Side	-	-	1.1	1.5		
A/B CHOPPING CURRENT (Note 1)	VECTOR	2W1-2a	W1-2a	1-2a	(a=0/8)	-	100	-
		2W1-2a	-	-	(a=1/8)	-	100	-
		2W1-2a	W1-2a	-	(a=2/8)	86	91	96
		2W1-2a	-	-	(a=3/8)	78	83	88
		2W1-2a	W1-2a	1-2a	(a=4/8)	66.4	71.4	76.4
		2W1-2a	-	-	(a=5/8)	50.5	55.5	60.5
		2W1-2a	W1-2a	-	(a=6/8)	35	40	45
		2W1-2a	-	-	(a=7/8)	15	20	25
2 Phase excitation mode VECTOR	-	-	-	-	141	-		
Feed Back Voltage Step	ΔV_{IF}	-	$\Delta V=0/8-1/8$	-	0	-		
		-	$\Delta V=1/8-2/8$	REF IN : H	32	72	112	
		-	$\Delta V=2/8-3/8$	$R_{TH}=0.8 \Omega$	24	64	104	
		-	$\Delta V=3/8-4/8$	$C_{OSC}=0.0033\mu F$	53	93	133	
		-	$\Delta V=4/8-5/8$	-	87	127	167	
		-	$\Delta V=5/8-6/8$	-	84	124	164	
Output T, Switching Characteristics	t_r	-	$R_L=20 \Omega, V_{IF}=0V, C_L=15pF$	-	0.3	-		
		t_{rH}	CK-Output	-	1.5	-		
		t_{rL}	CK-Output	-	2.7	-		
		t_{rH}	OSC-Output	-	5.4	-		
		t_{rL}	OSC-Output	-	6.3	-		
		t_{rH}	RESET-Output	-	2.0	-		
		t_{rL}	RESET-Output	-	2.5	-		
		t_{rH}	ENABLE-Output	-	5.0	-		
Output Leakage Current	Upper Side	I_{OL}	$V_{OH}=30V$	-	-	50		
	Lower Side	I_{OL}	-	-	-	50		
Output Voltage	$V_{OH(MO)}$	-	$I_{OH}=-40\mu A$	4.5	4.9	V_{CC}		
	$V_{OL(MO)}$	-	$I_{OL}=-40\mu A$	GND	4.1	0.5		

Note : Maximum Current (a=0) : 100%
 2W1-2a: 2W1, 2 phase excitation mode
 W1-2a: W1, 2 phase excitation mode
 1-2a: 1, 2 phase excitation mode

Elektrische Kennwerte 2 (Ta=25°, VCC=5V, VM=24V)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Input Voltage	High	$V_{IN(H)}$	M1, M2, CW/CCW, REF IN	3.5	-	$V_{CC}+0.4$	V	
	Low	$V_{IN(L)}$	ENABLE, CK1, CK2 RESET	GND-0.4	-	1.5		
Input Hysteresis Voltage	V_H	-	-	-	600	-	mV	
Input Current	$I_{IN-1(H)}$	-	M1, M2, REF IN, ENABLE $V_{IN}=5.0 V$	-	-	100	nA	
	$I_{IN-1(L)}$	-	RESET, $V_{IN}=0 V$ INTERNAL PULL-UP-RESISTOR	10	50	100	μA	
	$I_{IN-2(L)}$	-	SOURCE TYPE, $V_{IN}=0 V$	-	-	100	nA	
Quiescent Current	V_{CC}	I_{CC1}	Output Open RESET : H, ENABLE : L (2,1 - 2 Phase excitation)	-	10	18	mA	
	V_{CC}	I_{CC2}	Output Open (W1-2, 2W1-2 Phase Excitation) RESET : H, ENABLE : L	-	10	18		
	V_{CC}	I_{CC3}	RESET : L, ENABLE : L	-	5	-		
	V_{CC}	I_{CC4}	RESET : H, ENABLE : L	-	5	-		
Comparator Reference Voltage	$V_{NF(H)}$	-	REF IN H Output Open	2 Phase excitation, $R_{NF}=0.7 \Omega$, $C_{OSC}=0.0033\mu F$	0.72	0.8	0.88	V
	$V_{NF(L)}$	-	REF IN H Output Open	-	0.45	0.5	0.55	
Output Differential	ΔV_O	-	B/A $C_{OSC}=0.0033 \mu F$, $R_{NF}=0.8 \Omega$	-10	-	10	%	
$V_{NF(H)} - V_{NF(L)}$	ΔV_{NF}	-	$V_{NF(L)}/V_{NF(H)}$ $C_{OSC}=0.0033\mu F$, $R_{NF}=0.8 \Omega$	56	63	70	%	
Output Voltage	$V_{OH(MO)}$	-	$I_{OH}=-40\mu A$	4.5	4.9	V_{CC}	mV	
	$V_{OL(MO)}$	-	$I_{OH}=-40\mu A$	GND	0.1	0.5		