

Firmware /FREQ

Die /FREQ-Firmware arbeitet als komfortabler **9-MHz-Frequenzzähler** (Counter) mit zahlreichen Zusatzfunktionen, wie Digital-I/O, PWM-Ausgang, Puls-/Taktgenerator und sechs A/D-Eingängen.

Digital-I/O

Für alle Anschlüsse ist eine feste Datenrichtung vorgesehen, die nicht verändert werden kann. Alle Anschlüsse arbeiten mit 5V-TTL-Pegel und sind entsprechend der vorgegebenen Datenrichtung entweder als digital Eingang oder als Digitalausgang nutzbar. Je nach Verwendung und Konfiguration übernehmen die Leitungen aber andere, alternative Funktionen. Die Datenrichtung bleibt aber in jedem Fall erhalten.

9-MHz-Frequenzzähler

Die Einspeisung des Zählersignals erfolgt GLEICHZEITIG über die Anschlüsse D2 und D5. Je nach Eingangsfrequenz erfolgt die Frequenzmessung entweder durch eine Impulzzählung mit Torzeit (D5; $F > 250$ Hz) oder durch Flankenmessung (D2; $F < 250$ Hz).

Als Torzeiten (Gate) für Impulzzählung stehen folgende Zeiten zur Verfügung:
2000ms / 1000 ms / 500ms / 100 ms / 50 ms / 20 ms / 10ms. Bei Bedarf kann das Torzeitsignal (Gate) über den Digitalausgang D7 ausgegeben werden.

Bei niedrigen Signalfrequenzen (< 250 Hz) wird zusätzlich die vergangene Zeit ermittelt und ausgegeben, die seit dem letztmaligen Auftreten einer fallenden Flanke am Eingang D2 vergangen ist (elapsed time). Bei niedrigen Frequenzen können somit Frequenzmessung, Zählfunktion und Zeitmessung parallel verwendet werden. Bei höheren Frequenzen sind nur noch die Frequenzmessung und die Zählerfunktion alternativ nutzbar.

32-Bit-Counter

Ohne Torzeitgenerator arbeitet der Frequenzzähler als Counter, der fallende Flanken an D5 aufwärts zählt. Digitaleingang B0 kann per Software als externer RESET-Eingang für den Zähler konfiguriert werden. Digitaleingang B4 kann per Software als externer ENABLE-Eingang (Freigabe) für den Zähler konfiguriert werden.

Generator 1

Dieser Generator erzeugt ein periodisches Ausgangstaktsignal am Ausgang D6. Dieses Ausgangssignal wird aus einem Eingangstaktsignal abgeleitet.

Das Eingangstaktsignal wird dazu einem internen 8-Bit-Zähler als Taktsignal zugeführt. Durch einen internen Vergleich des 8-Bit-Zählerstandes mit einem Vergleichswert wird schliesslich das Ausgangssignal D6 gebildet. Je nach Konfiguration kann dieses ein Ausgangstaktsignal mit einstellbarer Frequenz oder mit einstellbarer Pulsbreite (PWM) sein.

Das Eingangstaktsignal kann entweder intern oder extern eingespeist werden.:

Bei interner Taktquelle wird der Systemtakt (18.432000 MHz) mit einem einstellbaren Vorteiler durch die Faktoren 1, 8, 64, 256 oder 1024 heruntergeteilt. Eingang D4 kann als per Software als externer Freigabeeingang für den internen Takt konfiguriert werden.

Bei externer Taktquelle dient Digitaleingang D4 als externer Takteingang, der per Software freigegeben oder gesperrt werden kann.

Generator 2

Dieser Generator ist ein Pulsgenerator, der sein Ausgangssignal an D3 ausgibt. Die Zeitdauer für die High- und Low-Phase des Ausgangssignals ist einstellbar. Die Zeiten stellen ganzzahlige Vielfache von vier möglichen Grundzeiteinheiten (Timebase) dar, die um den Faktor 1...65535 verlängert werden können. Die Grundzeiteinheiten sind 125µs, 500µs, 5ms und 500 ms.

Während die Grundzeit für High- und Low-Phase dieselbe ist, können die Faktoren für die High-/Low-Dauer getrennt eingestellt werden.

Der Ausgangspuls von Generator 2 kann fortlaufend (continuous) oder einmalig (single-shot) ausgegeben werden. Ein Einzelimpuls kann per Software ausgelöst werden. Alternativ kann Digitaleingang B1 per Software als Triggereingang konfiguriert werden. Bei fortlaufender Pulsausgabe wird das Ausgangssignal mit dem Triggersignal (B1 oder Software) synchronisiert.

Generator 3

Dieser Generator erzeugt am Digitalausgang D3 eine feste Ausgangsfrequenz von 72.000 KHz und einstellbarer Pulsbreite (8-Bit PWM).

Die Erzeugung der PWM erfolgt wie bei Generator 1 durch den Vergleich eines internen Zählerstandes mit einem Vergleichswert.

Anschlussbelegung

Die Anschlüsse sind wie folgt belegt:

B0	Digital Input (Counter RESET)
B1	Digital Input (Sync/Trigger Generator 2)
B2	Digital Output
B3	Digital Output (Generator 3 PWM)
B4	Digital Input (Counter enable)
B5	Digital Output (LED)
D2	Digital Input (Frequenz-Eingang 0-250Hz)
D3	Digital Output (Generator 2)
D4	Digital Input (EXT CLK ENABLE)
D5	Digital Input (Frequenz-Eingang 250 Hz - 8MHz)
D6	Digital Output (Generator 1)
D7	Digital Output (Gate Clock Output)

C0...C5 Digital Inputs / ADC 0...5

Alle Eingänge von Port B und Port D sind mit Pullup-Widerständen auf Vcc-Potenzial gezogen. Port C kann als Digitaleingang (ohne Pullups) verwendet werden.

Die sechs Spannungen am Port C können alternativ mit dem internen 10-Bit-A/D-Wandler (ADC) eingelesen werden. Die Referenzspannung für den ADC kann dabei aus drei umschaltbaren Quellen bezogen werden:

Externe Referenzspannung:

Die Referenzspannung wird ggf. über den Anschluss VREF eingespeist.
 $0 < V_{ref} < V_{cc}$ ist dabei einzuhalten.

Interne Referenz VCC

Als Referenzspannung dient die positive Versorgungsspannung (also ca. 5V).

Interne Referenz 1.1 V

Eine Referenzspannung von 1.1V wird intern erzeugt und dient als Referenz.

Datenprotokoll

Die Schnittstellenparameter sind: 57600, 8 N, 1

Baud 57600
8 Datenbits
Keine Parität
1 Stoppbit

Die Kommunikation erfolgt nach dem Frage-Antwort-Prinzip (Request/Response). Dabei besteht ein Request immer aus genau 10 Datenbytes. Nachdem Empfang dieser 10 Datenbytes sendet die Firmware in jedem Fall 33 Bytes als Antwort an den PC zurück. Ein neuer Request darf erst gesendet werden, wenn die 33 Antwortbytes empfangen wurden.

Request: 10 Bytes

Der Request-Datenblock hat eine Länge von 10 Bytes und überträgt sämtliche Daten zum Gerät, die für die Steuerung relevant sind:

Byte 1 Torzeit und Digital Out

Die Bit 0..2 selektieren die gewünschte Torzeit für die Frequenzmessung:

Bit	Hex	Dez	Torzeit
210			
000	00h	0	2 s
001	01h	1	1s
010	02h	2	500 ms
011	03h	3	100 ms
100	04h	4	50 ms
101	05h	5	20 ms
110	06h	6	10 ms
111	07h	7	AUS / COUNTER

Die Bits 3...7 sind der Reihe nach den digitalen Ausgängen B2, B3, B5, D3 und D6 zugeordnet und setzen deren Ausgangsstatus bzw. aktivieren die alternative Funktion des jeweiligen Anschluss, wie z.B. Generator 2 am Ausgang D3.

Byte 2 Vergleichswert für Generator 1

Dieses Byte stellt den 8-Bit-Vergleichswert für Generator 1 ein und variiert je nach Modus die Ausgangsfrequenz bzw. die Pulsbreite des Ausgangssignal (D6).

Byte 3 Vergleichswert für Generator 3

Dieses Byte stellt den Vergleichswert für Generator 3 ein und variiert die Pulsbreite des Ausgangssignal (B3).

Byte 4 Modus

In Byte 4 sind folgende Funktionen bitweise kodiert:

- Modus und Taktquelle für Generator 1
- Zeitbasis für Generator 2
- Counter Reset per Software

Der Wert für Byte 4 ergibt sich aus der Addition der nachstehenden HEX oder Dezimalwerte, je nach gewünschter Funktion.

Die **Bits 0...2** selektieren die Taktquelle für **Generator 1**.

Bit [2:0]	Hex	Dez	Taktquelle	
000	00h	0	KEINE	
001	01h	1	CLK	18.432000 MHz
010	02h	2	CLK / 8	2.304000 MHz
011	03h	3	CLK / 64	288.000 KHz
100	04h	4	CLK / 256	72.000 KHz
101	05h	5	CLK / 1024	18.000 KHz
110	06h	6	EXTERNER CLOCK (D4), fallende Flanke	
111	07h	7	EXTERNER CLOCK (D4), steigende Flanke	

Bit 3 setzt den Zählerstand des (Frequenz-)zählers auf Null zurück (**Counter Software Reset**), wenn das Bit gesetzt ist.

Bit [3]	Hex	Dez	
	08h	8	Counter Reset

Bit 4 und Bit 5 wählen den **Modus von Generator 1**

Bit [5:4]	Hex	Dez	Modus Generator 1
00	00h	0	Normal
01	10h	16	PWM
10	20h	32	CTC
11	30h	48	Fast PWM

Modus: Normal

Der Generator arbeitet als Frequenzteiler, der die Frequenz des Eingangstaktsignals zunächst durch 2 und anschliessend durch 256 teilt.

$$F_{out} = (F_{in} / 2) / 256$$

Feste Ausgangsfrequenzen bei internem Takt:

36.000 kHz
 4.500 kHz
 562,5 Hz
 140,625 Hz
 35,15625 Hz

Modus: PWM

Der Generator arbeitet als Frequenzteiler, der die Frequenz des Eingangstaktsignals zunächst durch 2 und anschliessend durch 255 teilt. Die Pulsbreite wird durch den Vergleichswert bestimmt.

$$F_{out} = (F_{in} / 2) / 255$$

PWM-Frequenzen bei internem Takt:

36.141 kHz
 4.518 kHz
 564,7 Hz
 141,17 Hz
 35,294 Hz

Modus: CTC

Der Generator arbeitet als einstellbarer Frequenzteiler, der die Frequenz des Eingangstaktsignals zunächst durch 2 und anschliessend durch den Vergleichswert+1 teilt.

$$F_{out} = (F_{in} / 2) / (CMP1 + 1)$$

Frequenzbereiche bei internem Takt:

36.141 kHz – 9.216 MHz
4.518 kHz – 1.152 MHz
564,7 Hz - 144.0 kHz
141,17 Hz - 36.0 kHz-
35,294 Hz – 9.0 kHz

Modus: Fast PWM

Der Generator arbeitet als Frequenzteiler, der das Eingangstaktsignal durch 256 teilt.
Die Pulsbreite wird durch den Vergleichswert bestimmt

$$F_{out} = F_{in} / 256$$

PWM-Frequenzen bei internem Takt:

72.000 kHz
9.0 kHz
1.125 kHz
281,25 Hz
70,3125 Hz

Bit 6 und Bit 7 stellen die Zeitbasis von Generator 2 ein.

Bit	Hex	Dez	Zeitbasis Generator 2
[76]			
00	00h	0	125 μ s
01	40h	64	500 μ s
10	80h	128	5 ms
11	C0h	192	500 ms

Byte 5...6 TH; Generator 2 ; Pulsdauer Dauer HIGH (INT16 / WORD)

Byte 7...8 TL; Generator 2; Pulsdauer Dauer LOW (INT16 / WORD)

Vier Bytes bilden jeweils einen ganzzahligen 16-Bit Wert, welche die High / Low-Dauer und damit das Tastverhältnis und die Frequenz des Ausgangssignals von Generator 2 (D3) bestimmen. Der Zeitwert ergibt sich aus der Multiplikation mit der gewählten Zeitbasis von Generator 2.

$$T_{high} [s] = TH * \text{Zeitbasis}$$

$$T_{low} [s] = TL * \text{Zeitbasis}$$

Mit TH = TL = 1 und einer Zeitbasis von 125 μ s ergibt sich die maximale Ausgangsfrequenz von 4 kHz. $f = 1 / ((TL + TH) * \text{Zeitbasis})$

Mit TH = TL = FFFFh und einer Zeitbasis von 500ms ergibt sich Ausgangssignal mit einer maximalen Periodendauer von 65535 Sekunden, also mehr als 18 Stunden.
 $T = (TL + TH) * \text{Zeitbasis}$

Byte 9 Konfiguration und Digital Out (Flags)

Die Bits in diesem Byte dienen als Flags für verschiedene Konfigurationen und Funktionen.

Bit 0 Ist Bit 0 gesetzt, arbeitet B0 als RESET-Eingang für den (Frequenz-)Zähler (Counter)
Bit 1 Ist Bit 1 gesetzt, arbeitet B1 SYNC/TRIGGER-Eingang für Generator 2
Bit 2 Ist Bit 2 gesetzt, arbeitet B4 als ENABLE-Eingang für den (Frequenz-)Zähler (Counter)
Bit 3 Bit 3 bewirkt die Umschaltung des Modus von Generator 2: Continuous / Single-shot
Bit 4 Bit 4 dient als SYNC/TRIGGER für Generator 2 (Software)
Bit 5 Bei **externer** Taktquelle für Generator 2:

- Bit 5 gesetzt: Taktsignal von Eingang D4 freigegeben.
- Bit 5 gelöscht Taktsignal von Eingang D4 gesperrt.
- Bei **interner** Taktquelle für Generator 2:
 - Bit 5 gesetzt: Eingang D4 dient als Freigabesignal für den internen Takt.
 - Bit 5 gelöscht Interner Takt immer freigegeben (unabhängig von Eingang D4)
- Bit 6 Bit 6 aktiviert die Ausgabe des Torzeit-Taktsignals am Ausgang D7.
- Bit 7 Bit 7 schaltet den digitalen Ausgang D7 ein/aus.

Byte 10 ADC Referenzumschaltung (VREF SELECT)

Bit 0..1 wählen die **Referenzspannung** für die ADC-Spannungsmessung (C0...C5)

Bit	Hex	Dez	Modus Generator 1
10			
00	00h	0	Externe Referenzspannung an VREF
01	01h	1	Interne Referenzspannung (Vcc)
10	02h	2	Nicht definiert
11	03h	3	Interne Referenzspannung 1.1 Volt
Bit 2..7	Reserviert		Auf Null setzen

Response: 33 Bytes

Nach dem Empfang von 10 Request-Bytes antwortet das Gerät mit 33 Response-Bytes:

Byte 1...4 **Flankenmessung T1 (INT32 / DWORD)**
Byte 5...8 **Flankenmessung T2 (INT32 / DWORD)**
Byte 9...12 **Flankenmessung T3 (INT32 / DWORD)**

Vier Bytes bilden jeweils einen ganzzahligen 32-Bit Wert (LSB first). Die drei Datenworte T1, T2 und T3 liefern das Ergebnis der Flankenmessung. Bei einer fallenden Flanke am Eingang D2 wird der Zählerstand eines freilaufenden 32-Zählers abgelesen, der intern mit 72 kHz ($T = 13,8\mu\text{s}$) getaktet ist. Das Ergebnis dieser Ablesung befindet sich im Datenwort T2. Der Zählerstand der vorhergehenden Flanke wird zuvor in das Datenwort T1 verschoben. **T1 und T2 enthalten somit die Zählerstände von zwei aufeinander folgenden, fallenden Flanken.**

Per Software lässt sich daraus leicht die Periodendauer T und Frequenz F wie folgt ermitteln:

$$T = (T2 - T1) * 13,8 \mu\text{s}$$
$$F = 1 / T$$

Da der interne Zähler bei einem Wert von \$FFFFFFFF überläuft und seine Zählung dann bei Null beginnt, sollte vor der Berechnung die Bedingung $T2 \geq T1$ geprüft werden.

Das Datenwort T3 enthält zusätzlich den aktuellen Zählerstand und ist unabhängig von der Flankenerkennung.

Die Differenz (T3 – T2) liefert somit ein Mass für die verstrichene Zeit, seit dem letzten Auftreten einer fallenden Flanke an D2. (Ellapsed Time).

$$T_{\text{ellapsed}} = (T3 - T2) * 13,8 \mu\text{s}$$

Auch hier sollte $T3 \geq T2$ geprüft werden.

Byte 13...16 **Frequenzzähler / Counter CNT (INT32 / DWORD)**

Vier Bytes bilden einen ganzzahligen 32-Bit Wert (LSB first). Das Datenwort enthält den Zählerstand eines 32-Bit-Zählers, der durch den Frequenzeingang D5 getaktet aufwärts zählt. Sofern eine Torzeit aktiv ist, enthält das Datenwort den Zählerstand bei Ablauf der Torzeit. Mit Ablauf der Torzeit wird der Zähler auf Null zurückgesetzt. (Berechnung der Frequenz: siehe Byte 20)
Bei deaktivierter Torzeit enthält das Datenwort den aktuellen Zählerstand (Counter).

Byte 17 **Digitalstatus Port B (Byte)**

Die Bits 0..5 zeigen den Digitalstatus der Anschlüsse B0...B5 an.

Byte 18 **Digitalstatus Port C (Byte)**

Die Bits 0..5 zeigen den Digitalstatus der Anschlüsse C0...C5 an.

Byte 19 **Digitalstatus Port D (Byte)**

Die Bits 2..7 zeigen den Digitalstatus der Anschlüsse D2...D7 an.

Die Erfassung des Digitalstatus ist unabhängig von der Datenrichtung.

Byte 20 **Torzeit TZ [1/100 s]**

Das Byte liefert die Torzeit (in 1/100 s), die dem Zählerstand CNT zu Grunde liegt. Per Software lässt sich aus der Torzeit TZ und dem Zählerstand CNT leicht die Frequenz am Eingang D5 ermitteln:

$$F [\text{Hz}] = \text{CNT} / (\text{TZ} / 100)$$

Ist keine Torzeit aktiv (Counter) ist TZ=0 und somit keine Frequenz zu ermitteln.

Byte 21..22	ADC0 (Word)
Byte 23..24	ADC1 (Word)
Byte 25..26	ADC2 (Word)
Byte 27..28	ADC3 (Word)
Byte 29..30	ADC4 (Word)
Byte 31..32	ADC5 (Word)

Jeweils zwei Byte liefern ein 16 Bit Datenwort (LSB first). Das Datenwort enthält das Ergebnis der A/D-Konvertierung (10 Bit ADC; 000h....3FFh). Ein Spannungswert kann mit Hilfe der Referenzspannung V_{ref} leicht errechnet werden:

$$U_0 [\text{Volt}] = \text{ADC0} / 3FFh * V_{ref}$$

Byte 33 **Reserviert**

Das Byte 33 ist reserviert und liefert derzeit den Wert 13.