

Aufgabe 4: Lüftersteuerung und Temperatursensor

G. Kemnitz*, TU Clausthal, Institut für Informatik

7. Juli 2014

Zusammenfassung

Es ist ein Lüfter mit einem pulswidenmodulierten Signal (PWM) anzusteuern sowie das pulswidenmodulierte Signal eines Temperatursensors auszuwerten und die Temperatur als Hexadezimalwert in Grad Celsius auf der 7-Segmentanzeige darzustellen.

1 Pulsweitenmodulation

In einem digitalen Signal konstanter Frequenz f bezeichnet das Tastverhältnis (engl. Duty Cycle) das Verhältnis zwischen der Dauer des logischen High-Pegels bzw. der Dauer des logischen Low-Pegels zur Periodendauer $T = \frac{1}{f}$ (Abbildung 1).

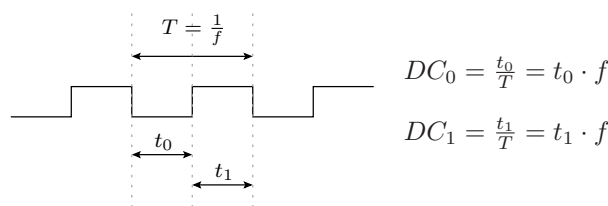


Abbildung 1: Definition Tastverhältnis

Ein Taktsignal hat üblicherweise das Tastverhältnis $DC_0 = DC_1 = 0.5 = 50\%$. Das Tastverhältnis lässt sich stetig ändern, so dass mit einem pulswidenmodulierten Signal stetige Werte kodiert werden können. Dieses Verfahren wird Pulsweitenmodulation (PWM) genannt. Die erste Aufgabe wird sein, die Geschwindigkeit des Lüfters auf der Ansteckbaugruppe am Stecker A1 über ein PWM-Signal einzustellen. Mit einem großen Tastverhältnis DC_1 dreht sich der Lüfter schnell und mit einem kleinen langsam (Abbildung 2). Der Wert des Tastverhältnisses soll dabei über die Schalter sw1 bis sw3 in acht Stufen eingestellt werden.

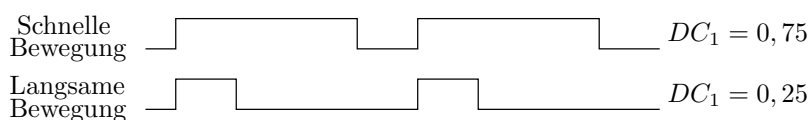


Abbildung 2: PWM-Steuersignal für den Lüfter

2 Temperatursensor

Auf der Ansteckbaugruppe befindet sich zusätzlich hinter dem Lüfter ein Temperatursensor vom Typ SMT160. Die gemessene Temperatur wird als PWM-Signal kodiert ausgegeben. Laut Daten-

*Tel. 05323/727116

blatt besteht zwischen der Temperatur und der relativen Pulsbreite des PWM-Signals der Zusammenhang:

$$DC_0 = 0,32 + 0,0047 \cdot T$$

(T – Temperatur in °C). Die zu berechnende Temperatur beträgt in Abhängigkeit von der Pulsbreite:

$$T = \frac{DC_0 - 0,32}{0,0047}$$

Zur Berechnung des Tastverhältnisses DC_0 muss zunächst das Ausgabesignal des Temperatursensors mit einer ausreichend hohen Frequenz und über einem genügend langen Zeitraum abgetastet werden (Abbildung 3).

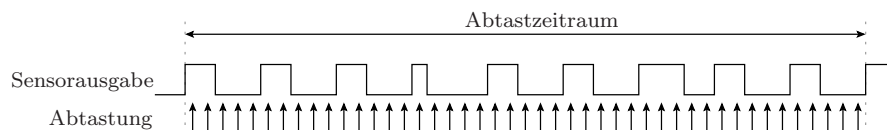


Abbildung 3: Abtastung Temperatursensor

Dabei werden die Anzahl der Low-Pegel gezählt und anschließend durch die Anzahl aller Abtastpunkte geteilt. In Abbildung werden 45 Werte abgetastet und 27 mal ist der Abtastwert Null. Eingesetzt in obige Formel ergibt sich daraus das Tastverhältnis

$$DC_0 = \frac{n_0}{N} = \frac{27}{45} = 0,6$$

und die Temperatur:

$$T = \frac{0,6 - 0,32}{0,0047} \approx 60^\circ C$$

Für die Umsetzung der Formeln in Hardware sollen die Divisionen eliminiert werden, die sonst durch eine Folge bedingter Subtraktionen und einen Zustandsautomaten nachzubilden wären (siehe [1, S. 177]). Für die Gesamtzahl der Abtastzeitpunkte soll zum ersten eine Zweierpotenz $N = 2^k$ gewählt werden. Die Division durch 2^k ist in Hardware eine Rechtsverschiebung um k Bitstellen. Die Division durch 0,0047 kann durch die Multiplikation mit dem Kehrwert ersetzt werden. Die in Hardware einfachere zu realisierende Berechnungsvorschrift für die Temperatur in Grad Celsius lautet:

$$T \approx ((213 \cdot n_0) \text{ srl } k) - 68$$

(a srl b – Rechtsverschiebung von a um b Stellen).

3 Test und Modifikation des Beispielentwurfs

Laden Sie die Dateien a4_pwm.xise, a4_pwm.vhd, und a4_pwm.ucf aus dem Netz herunter und kopieren Sie sie in ein Verzeichnis in ihrem home-Verzeichnis. Öffnen Sie dann das Projekt in ISE. Vergewissern Sie sich, dass die Ansteckbaugruppe am Stecker A1 betriebsbereit ist:

- 12 V Versorgungsspannung vorhanden (rote LED neben der Steckerbuchse leuchtet).
- Ein/Aus-Schalter der Ansteckbaugruppe auf Position »Ein« (rote LED über dem Schalter leuchtet).
- Die anderen beiden Schalter der Ansteckbaugruppe auf Position P1.1 bzw. P1.0.

Folgende Aufgaben sind zu lösen:

1. Übersetzen Sie das Projekt und programmieren Sie die Baugruppe. Mit dem Schalter SW1 kann der Lüfter an- und ausgeschaltet werden. Versuchen Sie manuell die Geschwindigkeit des Lüfters zu regeln.
2. Ändern Sie die Lüfteransteuerung so, dass mit den Schaltern SW1 bis SW3 acht verschiedene Geschwindigkeiten eingestellt werden können.
3. Schließen Sie den Logik-Analysator am Pin »DB0« der Ansteckbaugruppe an Stecker A2 an und zeichnen Sie die Ausgabe des Temperatursensors auf. Die erforderliche xml-Datei mit der Triggerbedingung etc. ist selbst zu erstellen. Schätzen Sie aus dem aufgezeichneten Signalverlauf das Tastverhältnis DC_0 und berechnen sie aus dem Tastverhältnis die Temperatur. Schalten Sie mit dem Schalter SW0 den Heizwiderstand ein, um die Temperatur langsam zu erhöhen. Warten Sie, bis der Sensor sich spürbar erwärmt hat. Zeichnen Sie mit dem Logikanalysator das Sensorsignal nochmal auf und bestimmen Sie daraus ein zweites mal die Temperatur.
4. Entwickeln Sie in VHDL die Funktionsbeschreibung einer Schaltung, die
 - die das Ausgabesignal des Temperatursensors mit einer Frequenz von ca. 400 KHz mit $N = 2^{16}$ Werten abtastet
 - die Anzahl der Low-Pegel zählt
 - daraus die Temperatur berechnet und
 - den Temperaturwert auf der 7-Segmentanzeige mit zwei Hexadezimalstellen anzeigt.

Von den vier auf der Baugruppe darstellbaren Stellen soll die ganz linke komplett dunkel sein, die zweite und dritte die beiden Hexadezimalziffern und die ganz rechte Stelle das Zeichen »h« anzeigen.

Beachten Sie, dass synthese- und simulationsfähige arithmetische Berechnungen standardmäßig nur für die Datentypen signed und unsigned aus dem Package »numeric_std« sowie integer und natural definiert sind. Um z.B. zwei Operanden vom Typ std_logic_vector zu addieren, sind die Operanden mit der gleichnamigen Funktion nach »signed« oder »unsigned« und das Ergebnis zurück nach »std_logic_vector« zu konvertieren. Die Addition von zwei Bitvektoren als vorzeichenfreie ganze Zahlen a und b lautet z.B.:

```
y <= std_logic_vector(unsigned(a) + unsigned(b));
```

4 Zusatzaufgabe

Auf der Ansteckbaugruppe befindet sich auch eine RGB-Leuchtdiode. Auch diese kann mittels PWM Signalen angesteuert werden, um verschiedene Farben zu erzeugen. Entwerfen Sie eine Schaltung, bei der die Farbwerte für rot grün und blau jeweils mit zwei Schaltern in vier Tastverhältnissen eingestellt werden können, so dass sich insgesamt 2^6 Farben einstellen lassen. Die Gehäuseanschlüsse der RGB-Leuchtdiode stehen in auskommentierter Form in der ucf-Datei.

5 Abnahmekriterien

- Acht einstellbare Lüftergeschwindigkeiten
- Manuelle Berechnung der gemessenen Temperatur anhand der Logikanalysator Aufzeichnung mit und ohne eingeschaltetem Heizwiderstand (Aufbewahren der Waveform-Dateien und Rechnung auf dem Abgabebblatt).
- Plausible Temperaturanzeige auf der 7-Segmentanzeige, die bei Einschalten der Heizung zunimmt und bei Einschalten des Lüfters wieder absinkt.

Literatur

- [1] Günter Kemnitz. *Technische Informatik 2: Entwurf digitaler Schaltungen*. Springer, 2011.