

Aufgabe 6: Plotter

G. Kemnitz*, TU Clausthal, Institut für Informatik

7. Juli 2014

Zusammenfassung

Ausgehend von den Schaltungsentwürfen zur Ansteuerung des Lüfters und zur Ansteuerung des Computerbildschirms ist ein einfacher Plotter zu entwerfen, der die Lüftergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit darstellt.

1 Gesamtfunktion

Ein Plotter stellt den zeitlichen Verlauf eines Signals grafisch dar. Er besteht aus:

- einer Schaltung zur Messung der Lüftergeschwindigkeit,
- dem Signalspeicher und
- der Bildschirmansteuerung.

Die Messschaltung für die Lüftergeschwindigkeit liefert kontinuierlich Geschwindigkeiten im darstellbaren Wertebereich und schreibt die Messwerte in den Signalspeicher. Ist der Signalspeicher voll, werden die alten Messwerte mit den neuen überschrieben. Die Bildschirmsteuerung stellt die Messwerte aus dem Signalspeicher graphisch dar. Um den Signalverlauf besser ablesen zu können, soll zusätzlich ein Raster dargestellt und der neuste Messwert mit einem Cursor in Form einer vertikalen Linie gekennzeichnet werden (Abbildung 1).

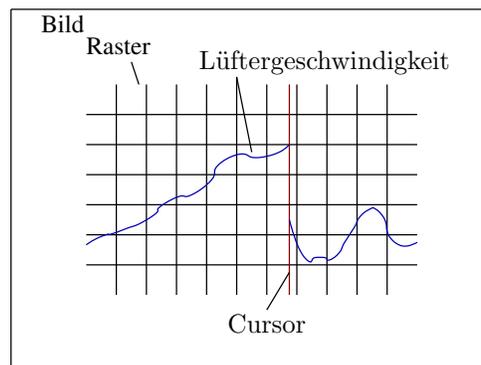


Abbildung 1: Bildschirmausgabe des Plotters

Zur Darstellung horizontaler und vertikaler Linien auf dem Bildschirm genügt ein Vergleich der Zeilen- und Spaltennummer des aktuellen Bildpunktes mit den Koordinaten der Linien. Die Darstellung des Signalverlaufs besteht darin, dass für jeden Bildpunkt der zur Spalte zugehörige Signalwert aus dem Signalspeicher gelesen und mit der Zeilenzahl verglichen wird:

*Tel. 05323/727116

```

if Zeile = AZ_RAM(to_integer(unsigned(Spalte))) then
  rgb <= SignalFarbe;
else
  rgb <= HintergrundFarbe;
end if;

```

Achtung: Die hier verwendeten Zeilen- und Spaltennummern beziehen sich auf das Koordinatensystem zur Signaldarstellung und müssen aus den Werten des Zeilen- und Spaltenzählers für das Bild gesondert berechnet werden.

2 Messschaltung für die Lüftergeschwindigkeit

Die Lüftergeschwindigkeit wird mit der Lichtschranke auf der Ansteckbaugruppe gemessen. Der Lüfter besitzt 9 Lüfterblätter und dreht sich mit einer maximalen Geschwindigkeit von etwa 100 Umdrehungen pro Sekunde. Der Anzeigewert für diese Geschwindigkeit soll etwa 220 betragen. Zur Messung sollen die steigenden und fallenden Flanken der Lichtschranke gezählt werden. Das sind 18 Zählschritte pro Umdrehung bzw. für die Darstellung des Maximalwerts etwa 18 Zählschritte pro 10 ms. Für die Messung der fallenden und steigenden Flanken muss das Lichtschrankensignal mindestens mit der Frequenz von

$$f_a > 2 \cdot \frac{18 \text{ (Abtastwerten)}}{10 \text{ ms}}$$

abgetastet werden. Die Messzeit muss etwa

$$t_{mess} = \frac{\text{Anzeigewert} \cdot \text{Zeit_je_Umdrehung}}{\text{Abtastwerte_je_Umdrehung}} \approx \frac{220 \cdot 10 \text{ ms}}{18} = 122 \text{ ms}$$

betragen. Vorgeschlagen seien eine Taktfrequenz für die Messschaltung von 12 kHz und ein Takteiler mit dem Teilerfaktor 2^{12} zur Erzeugung des Messfensters, in dem die Taktflanken gezählt werden. Im letzten Takt des Messfensters soll der Zählerwert in den Aufzeichnungsspeicher geschrieben werden.

Der Aufzeichnungsspeicher soll 512 Speicherplätze mit der Größe von einem Byte haben. Die Typenvereinbarung kann z.B. lauten:

```

type AZ_RAM_type is array(0 to 511) of std_logic_vector(7 downto 0)

```

Das Einschreiben der Messwerte soll zirkular erfolgen. Der erste Messwert nach Reset soll auf Adresse null, der zweite auf Adresse eins etc. der 512-te auf Adresse 511 und der 513-te wieder auf Adresse Null geschrieben werden. Damit das System den Aufzeichnungsspeicher als synchronen Blockspeicher realisiert, muss der Schreibzugriff im Abtastprozess beschrieben werden:

```

signal AZ_RAM: AZ_RAM_typ;
signal Schreibzaehler: natural range 0 to 511;
signal Abtastzaehler: std_logic_vector(7 downto 0);
...
process (Takt_12kHz)
beginn
  if rising_edge(Takt_12kHz) then
    ...
    if <letzer_Takt_des_Messfensters> then
      AZ_RAM(Schreibzaehler) <= Abtastzaehler;
      — Modulo 512 ist nur für die Simulation erforderlich.
      — In der Schaltung wird aus dem Schreibzähler ein
      — 9-Bit-Register, dass ohnehin modulo-512 zählt.
    end if;
  end if;

```

```

        Schreibzaehler <= (Schreibzaehler + 1) mod 512;
    end if;
end if;
end process;

```

2.1 Bildschirmsteuerung

Die Bildschirmsteuerung kann weitgehend aus der vorherigen Aufgabe übernommen werden. Die Taktfrequenz soll gleichfalls 25 MHz und die Bildschirmauflösung 640 Spalten x 480 Zeilen betragen. Die Hintergrundfarbe sei schwarz. In der Bildmitte in einem Bildfenster der Größe 513 Spalten x 257 Zeilen soll ein weißes Raster mit einem Linienabstand von 32 Pixeln dargestellt werden (9 horizontale und 17 vertikale Rasterlinien). Die Cursor-Linie ist wie in Abb. 1 rot darzustellen. Die Farbe für den darzustellenden Signalverlauf sei cyan.

Die erste senkrechte Rasterlinie beginnt beim Spaltenzählerwert 207. In dieser Spalte ist der Wert von Adresse Null des Blockspeichers auszugeben. Entsprechend ist den nachfolgenden Spalten n der Wert von Blockspeicheradresse $n - 207$ zugeordnet. Die Signaldarstellung endet in Spalte $207+511=718$. Der Wert null soll als blauer Punkt auf Zeile 398 und Werte $w > 0$ auf Zeile $398 - w$ dargestellt werden. Der Algorithmus für die Signaldarstellung lautet entsprechend:

```

signal hCounter : integer range 0 to 799 := 0;
signal vCounter : integer range 0 to 520 := 0;
...
process (Takt_25MHz)
begin
    ...
    if <Spalte im Bereich von 207 bis 718> then
        Wert <= AZ_RAM(hCounter-207);
        if to_integer(unsigned(Wert)) = 398 - vCounter then
            rgb <= cyan;
        end if;
    end if;
end process;

```

Die nebenläufige Adressierung des Blockspeichers, einmal im 12 kHz-Prozess zum Schreiben und einmal im 25 MHz-Prozess zum Lesen, ist in unserem Entwurfssystem möglich, weil es sich bei den Blockspeichern um echte Zwei-Port-Speicher handelt. Die Situation, dass zeitgleich auf derselben Adresse geschrieben und gelesen wird, ist im skizzierten Algorithmus zwar möglich, aber nicht störend.

3 Zusatzaufgabe

Ergänzen Sie eine Darstellung der Temperatur, die mit dem Sensor hinter dem Lüfter gemessen wird. Dazu ist die Messschaltung für die Temperatur aus Aufgabe 4 so anzupassen, dass der Messwert synchron zur Aufzeichnung der Lüftergeschwindigkeit in einen zweiten Blockspeicher derselben Größe geschrieben wird. Die Schaltung zur Bildschirmsteuerung ist um eine zweite Messkurvendarstellung zu erweitern.

4 Abnahmekriterien

Vorführung der funktionierenden Schaltung, so dass man auf der graphischen Darstellung erkennen kann, wie sich die Lüftergeschwindigkeit bei Umschalten der Schalter zur Lüfteransteuerung ändert.