

Aufgabe 5: Bildschirmansteuerung

G. Kemnitz*, TU Clausthal, Institut für Informatik

7. Juli 2014

Zusammenfassung

Vorgegeben ist eine einfache Bildschirmansteuerung (VGA-Modus), mit der beispielhaft Bildelemente dargestellt werden. Zu entwerfen ist eine einfache Animation, bei der ein kleines Bild mit Hilfe von Tasten auf dem Bildschirm bewegt werden kann.

1 Funktion

Auf der Versuchsbaugruppe befindet sich auch ein VGA-Anschluss zum Anschluss eines Computerbildschirms. Die Bildschirmschnittstelle ist für klassische Monitore mit Bildröhre ausgelegt. In einer Bildröhre wird das Bild zeilenweise mit einem Elektronenstrahl geschrieben. An den 3 Kathoden (je eine für die Grundfarben rot, grün und blau) werden je nach Bildpunktfarbe und -helligkeit in über das rgb-Signal einstellbarer Menge Elektronen abgestrahlt und durch die Anodenspannung von etwa 20.000 V in Richtung Bildfläche beschleunigt. Auf dem Weg zur Bildfläche wird der Elektronenstrahl durch Elektromagnete abgelenkt. An der Aufschlagstelle der Elektronen auf der Bildfläche entsteht ein leuchtender Punkt (Abbildung 1).

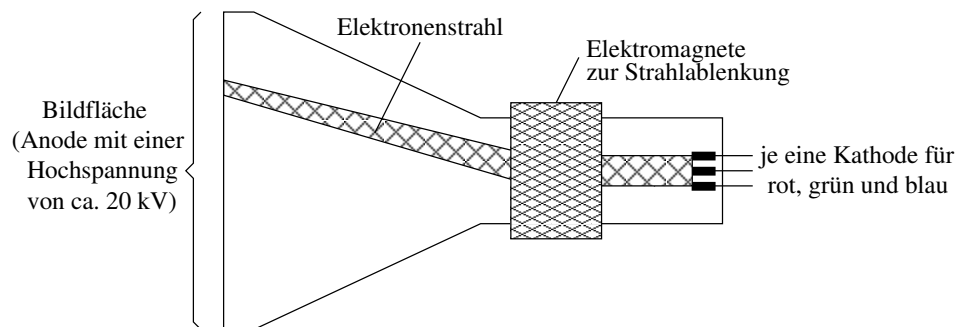


Abbildung 1: Bildröhre

Im VGA-Modus besteht ein Bild aus 480 Zeilen zu je 640 Bildpunkten, die der Strahl nacheinander schreibt. Zwischen den Zeilen kehrt der Strahl zum Zeilenanfang zurück. Während des Strahlrücklaufs ist der Strahl unsichtbar, d.h. der Kathodenstrom ist gleich Null (Abbildung 2).

Die Grafikkarte sendet an den Monitor (vgl. Abbildung 3):

- einen kurzen Sync.-Impuls zum Zeitpunkt des Strahlrücklaufs

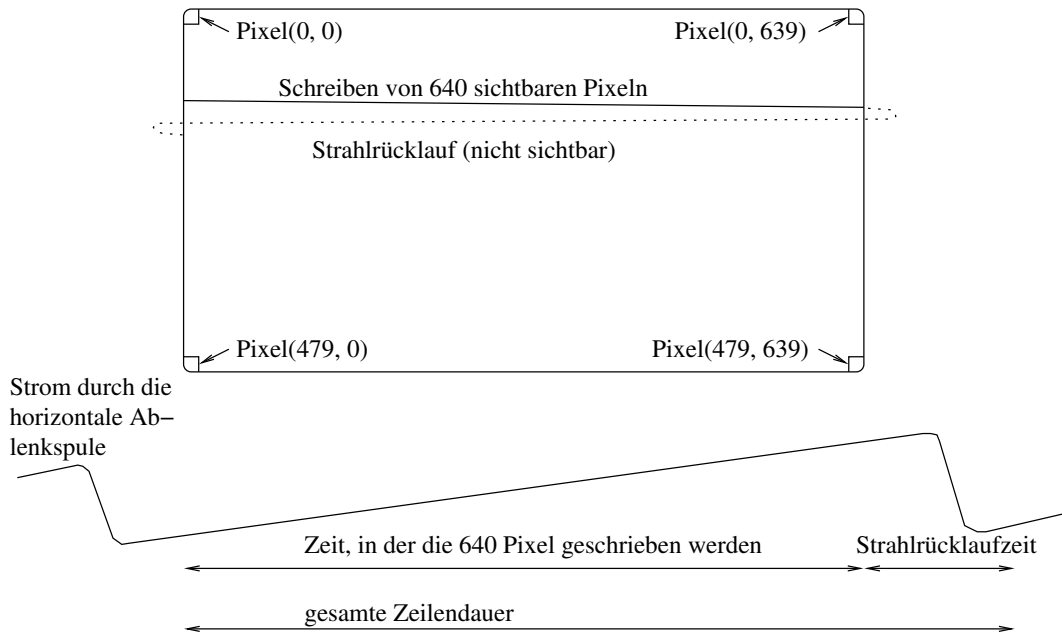


Abbildung 2: Zeilenweises Beschreiben der Bildpunkte

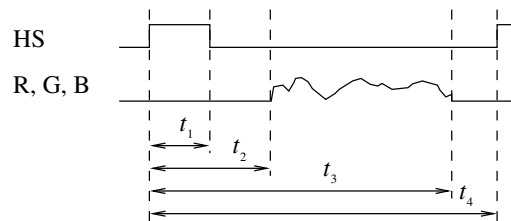


Abbildung 3: VGA-Steuersignale für eine Zeile

- das rgb-Signal in Form von 3 Spannungswerten im Bereich von 0 bis 1V (während des Strahlrücklaufs 0V).

Für eine Auflösung 640×480 und 60 Bilder pro Sekunde gelten folgende Zeiten:

| | Dauer | Takte ($f_{Pixel} = 25 \text{ MHz}$) |
|-------|---------------------|--|
| t_1 | $3,84 \mu\text{s}$ | 96 |
| t_2 | $5,76 \mu\text{s}$ | 144 |
| t_3 | $31,36 \mu\text{s}$ | 784 |
| t_4 | $32 \mu\text{s}$ | 800 |

Die Vertikalansteuerung funktioniert ähnlich. Zu Beginn eines jeden Bildes ist ein vertikaler Sync.-Impuls zu erzeugen, gefolgt von wenigen dunkel getasteten Zeilen. Darauf folgen 480 sichtbare und einige wenige unsichtbare Bildzeilen (Abbildung 4).

* Tel. 05323/727116

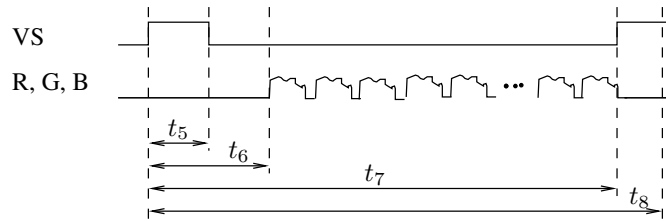


Abbildung 4: VGA-Steuersignale für ein Bild

| | Dauer | Zeilen ($f_{Zeile} = \frac{1}{32\mu s} = 31,25\text{kHz}$) |
|-------|-------------|--|
| t_5 | 64 μ s | 2 |
| t_6 | 992 μ s | 31 |
| t_7 | 16,352ms | 511 |
| t_8 | 16,7ms | 521 |

Eine VGA-Ansteuerschaltung benötigt mindestens einen Takteingang, 2 Sync.-Ausgänge und Ausgangssignale für die Helligkeit und Farbe der zu schreibenden Bildpunkte:

```

entity a5_vga is
  port(
    clk : in std_logic;
    hSync : out std_logic; — horizontaler Sync-Impuls (Zeile)
    vSync : out std_logic; — vertikaler Sync-Impuls (Bild)
    rgb : out std_logic_vector(2 downto 0) — RGB-Signal
  );
end entity;

```

Unsere Baugruppe liefert nur ein Bit je Farbsignal. Entsprechend sind nur 8 verschiedene Farben darstellbar:

```

constant schwarz: std_logic_vector(2 downto 0) := "000";
constant rot:     std_logic_vector(2 downto 0) := "100";
constant gruen:  std_logic_vector(2 downto 0) := "010";
constant blau:   std_logic_vector(2 downto 0) := "001";
constant gelb:   std_logic_vector(2 downto 0) := "110";
constant cyan:   std_logic_vector(2 downto 0) := "011";
constant violett: std_logic_vector(2 downto 0) := "101";
constant weis:   std_logic_vector(2 downto 0) := "111";

```

Die Ansteuerschaltung selbst benötigt einen Spaltenzähler und einen Zeilenzähler. Der Spaltenzähler zählt mit dem 25MHz-Pixeltakt. Der Zeilen-Sync.-Impuls wird mit Rücksetzen des Spaltenzählers eingeschaltet und bei Zählerstand 95 ausgeschaltet. Das Signal für die Dunkeltastung während des Zeilenrücklaufs wird bei Zählerstand 143 auf Null und bei Zählerstand 783 auf Eins gesetzt. Bei Zählerstand 799 wird der Spaltenzähler rückgesetzt. Der Zeilenzähler schaltet bei jedem Zeilenwechsel weiter und steuert in ähnlicher Weise die zugehörigen Sync.- und Dunkeltastsignale.

Bildelemente dürfen nur im Bereich sichtbarer Pixel erzeugt werden, d.h. nur wenn die beiden Dunkeltastsignale Null sind. Zur Erzeugung von Linien werden Zeilen- und Spaltenzähler mit vorgegebenen Werten verglichen. Ein gespeichertes Bild wird angezeigt, indem ein Speicher mit der Spalten- und Zeilennummer adressiert und der adressierte Speicherinhalt als Bildsignal ausgegeben wird. Die Datei a5_vga.vhd aus dem Netz zeigt das am Beispiel.

Aufgaben zur Vorbereitung:

1. Was für Bildelemente werden von der Schaltung `a5_vga.vhd` erzeugt?
2. Wozu dient die Anweisung `"vsl_vCt := to_unsigned(vCounter, 10);"`?
3. Warum wird das Bild in dem kleinen Speicher gespiegelt? Wird es horizontal, vertikal oder an der Diagonale gespiegelt?
4. Wie groß ist das gespeicherte Bild (Zeilen- und Spaltenzahl) und wie groß wird es dargestellt?

2 Vorgegebene Bildschirmsteuerung ausprobieren

Kopieren Sie sich die Dateien `a5_vga.ucf`, `a5_vga.vhd` und `a5_vga.xise` aus dem Netz in ein Verzeichnis in Ihrem home-Verzeichnis und öffnen Sie das Projekt in ISE. Übersetzen Sie es und programmieren Sie den Schaltkreis. Zum Testen den Monitor auf Eingangssignal 1 (VGA) umschalten.

3 Entwurfsaufgaben

1. Ändern Sie das Beispielprogramm so, dass nur noch ein schwarzes Raster auf weißem Hintergrund dargestellt wird. Abstand der Rasterlinien 10 Pixel.
2. Fügen Sie zu dem Raster ein Cursorbild in der Bildschirmmitte hinzu. Das Bild, z.B. ein Kreis, soll als Bitmap wie im Beispielentwurf im Festwertspeicher stehen.
3. Als nächstes sollen sich die Cursorkoordinaten über Taster mit einer Geschwindigkeit von etwa 4 Pixeln pro Sekunde ändern lassen:
 - BTN0: nach rechts
 - BTN1: nach links
 - BTN2: nach unten
 - BTN3: nach oben

Der Cursor soll sich nicht aus dem Bild bewegen.

4 Abgabekriterien

- funktionierende Bildschirmdarstellung