

# So funktioniert Ramdac

Er ist ein wichtiger Baustein jeder Grafikkarte: Der Ramdac ist für die Ergonomie und die Farbtiefe des Bildes verantwortlich. CHIP hilft, seine Funktion zu verstehen.

**E**s ist ein langer Weg, bis auf dem PC-Monitor ein Bild zu sehen ist: Viele Schritte und Datenübergaben sind dabei im Computer nötig. Zuerst muß der Prozessor auf der Hauptplatine Daten über den Bus (ISA, VL oder PCI) zur Grafikkarte schicken.

Pixelgrafiken (Pixel ist die englische Verballhornung von „picture elements“) werden direkt in den Bildwiederholpeicher geschrieben. Textausgaben bearbeitet der Zeichengenerator auf der Grafikkarte. Grafische Elemente wie Linien und Rechtecke werden als Befehle zum Beschleunigerchip gesandt. Der errechnet daraus die darzustellenden Grafikelemente und schreibt sie in den Bildwie-

derholpeicher. Auf diese Weise werden sowohl die Grafik beschleunigt, als auch die CPU und der Rechnerbus entlastet.

Wie aber kommen nun die im Bildwiederholpeicher gelagerten Daten zum Monitor? Dafür ist der Ramdac (Random Access Memory Digital Analog Converter) zuständig. Dieser Baustein ist ein fester Bestandteil auf jeder Grafikkarte. Er wandelt das im Video-RAM gespeicherte digitale Bild in analoge Signale für den Monitor um. Bei neueren Karten ist er häufig mit dem Beschleunigerchip in ein Gehäuse integriert.

Der auf der Grafikkarte befindliche CRT-Controller (Cathode Ray Tube Controller = Kathodenstrahlröhrensteuerung)

adressiert pausenlos den Bildwiederholpeicher. Bildpunkt für Bildpunkt wird aus dem Speicher ausgelesen. Der Ramdac erhält auf diese Weise laufend die Farbwerte der Pixel des darzustellenden Bildes. Wie viele Bildpunkte für ein Bild gelesen werden müssen, hängt von der gewählten Auflösung ab. Bei 320 x 200 sind es 64 000 Punkte, bei 1280 x 1024 etwa 1,3 Millionen Pixel. Die Bildwiederholfrequenz definiert, wie oft das komplette Bild pro Sekunde aus dem Videospeicher ausgelesen wird. Werte unter 70 Hertz werden vom Anwender als Flimmern empfunden und deshalb als „nicht ergonomisch“ bezeichnet.

Wie groß ist die Datenmenge, die der Ramdac beim Übertragen eines Bildes erzeugt? Das ist abhängig von der aktuellen Auflösung (also der Anzahl der Bildpunkte) und der gewählten Farbtiefe.

Am Beispiel der Auflösung 1024 x 768 bei 16,8 Millionen Farben (24 Bit) soll die Größe des Datenstroms bestimmt werden. Der Speicherbedarf errechnet sich so:  $1024 \times 768 \text{ Pixel} \times 3 \text{ Byte Farbtiefe} = 2,36 \text{ Megabyte}$ . Ausgehend von einer Bildwiederholrate von 80 Hertz (Bildern pro Sekunde) ergeben sich durch Multiplikation von Speicherbedarf mit der Bildwiederholfrequenz 180 Mega-



Florio

byte pro Sekunde. Diesen Datenstrom muß der Ramdac im Mittel verarbeiten. Zum Vergleich: Die praktisch erreichbare Transferrate auf einem PCI-Bus liegt bei 50 Megabyte pro Sekunde.

Im direkten Zusammenhang mit diesem Datenstrom steht die Pixelfrequenz. Sie umfaßt die Anzahl der am Ausgang des Ramdac erzeugten Pixel pro Sekunde. Die maximale erreichbare Pixelfrequenz eines Ramdac ist meist auf dessen Gehäuse aufgedruckt. Je höher die Zahl, desto hochwertiger ist der Baustein. Gängige Werte liegen zwischen 135 und 220 Megahertz.

## ○ DRAM und VRAM

Der Bildwiederholpeicher auf der Grafikkarte wird nach DRAM und VRAM unterschieden. Bei DRAM müssen sich Ramdac, Beschleunigerchip und Rechnerbus die Eingabe- und Ausgabeleitungen

teilen. Zu einem Zeitpunkt X kann immer nur einer der genannten Bausteine zugreifen. Ist nun der Datenstrom zum Ramdac wegen großer Farbtiefe und hoher Auflösung sehr hoch, erhält die CPU seltener die Gelegenheit, neue Daten in den Bildwiederholpeicher zu schreiben.

In solchen Fällen haben DRAM-Karten Geschwindigkeitsprobleme, die sich in einer langsameren Grafikausgabe äußern. In letzter Zeit setzen Hersteller zunehmend EDO-DRAM ein. Diese Bauart des DRAM erlaubt durch die Pufferung der Daten einen schnelleren Zugriff auf die Speicherinhalte.

VRAM (Video Random Access Memory) ist Dual-Port-RAM. Hierbei kann der Ramdac Daten aus dem VRAM erhalten, und gleichzeitig können der Beschleunigerchip oder die CPU in den Speicher schreiben. Der Nachteil von VRAM ist sein hoher Preis.

## ○ Die Farbbregister

Hat der Ramdac aus dem Speicher einen Lesezyklus ausgeführt, besitzt er die Farbinformationen des Pixels, die – abhängig von der gewählten Farbtiefe – zwischen 1 und 24 Bit breit sein können. Diese Information verknüpft der Ramdac mit der Farbtabelle (den Farbbregistern) zur endgültigen Farbe.

Die Farbtabelle befindet sich im Ramdac. In ihr ist zu jedem möglichen Wert im Bildwiederholpeicher ein Bit-Muster gespeichert, das einer endgültigen Farbe auf dem Bildschirm entspricht. Die Farbtabelle hat so viele Einträge (Farbbregister), wie der Grafikmodus vorgibt. Dies entspricht auch der Zahl der maximal gleichzeitig darstellbaren Farben. Bei einem 256-Farben-Modus ist der Farbwert eines Pixels im Bildwiederholpeicher 8 Bit lang. Die Farbtabelle hat also 256 Einträge. Der Grafikmodus gibt weiter vor, wie breit die Farbbregister sind.

Sind die Farbbregister zum Beispiel 18 Bit breit, sind maximal  $2^{18} = 262\,144$

Farbwerte zu erzeugen. Bei unserem Beispiel lassen sich 256 aus 262 144 Farben darstellen. Dabei entfallen auf jede der drei Grundfarben 6 Bit. Eine Grundfarbe kann so  $2^6 = 64$  Helligkeitsschattierungen zur Gesamtfarbe des Pixels beitragen. Die Farbtabelle im Ramdac wird auch als „Palette“ bezeichnet.

In einigen Grafikmodi ist das Verfahren etwas komplizierter: Hier werden die Farbbregister nicht nur über den Video-RAM-Inhalt, sondern zusätzlich über Paletten- und Attributadreß-Register adressiert. Die Farbtabelle wird bei der Initialisierung des gerade gültigen Grafikmodus in den Ramdac geladen und bei Bedarf modifiziert.

## ○ Der D/A-Wandler

Der endgültig gebildete Farbwert wird nun im Digital-Analog-Wandler innerhalb des Ramdac zu drei analogen Farbsignalen umgewandelt. Das sind die Farbkanäle Rot, Grün und Blau (RGB).

Früher war die Digital-Analog-Wandlung innerhalb des Ramdac über gesteuerte Widerstandsketten realisiert. Diese Methode ist für heutige Ramdacs zu langsam. Derzeit finden acht geschaltete Stromquellen pro Farbkanal Verwendung. Jede Stromquelle liefert exakt den doppelten Strom der nebenliegenden. Je nachdem, welche der Stromquellen zu- oder abgeschaltet werden, ergibt einen von 256 möglichen Stromwerten. Über je einen 75-Ohm-Abschlußwiderstand auf der Grafikkarte und im Monitor entsteht eine korrespondierende Spannung.

Über drei Adern des Monitorkabels geleitet, moduliert die Bildschirmelektronik die Intensitäten der drei Kathodenstrahlen der Bildröhre entsprechend. Der Bildschirmaufbau erfolgt zeilenweise, links oben beginnend. Die Information, wann welche Position zu erreichen ist, erhält der Monitor über die zwei Synchronleitungen Horizontal-Sync und Vertikal-Sync. Beide Signale werden auf der Grafikkarte vom CRT-Controller erzeugt.

Der CRT-Controller synchronisiert auch die Arbeit des Ramdac. Die Qualität der drei analogen Farbsignale aus dem Ramdac plus die Exaktheit der Synchronimpulse ist ein Kriterium für die Schärfe des Bildes. Gute Ramdacs liefern am Ausgang beim Übergang von einem Pixel zum nächsten steile Signalfanken, was ein scharfes Monitorbild erzeugt.

Jan Kleinert

