



Der DVI-Standard - ein Überblick

Die Übertragung der Daten vom Computer zum angeschlossenen Monitor ist eine der letzten „analogen Bastionen“ in der IT-Welt und wird immer mehr zum Schwachpunkt. Warum? Die immer grösser werdende Auflösung und Bildwiederholrate erfordert immer grössere Bandbreiten sowie immer schnellere und aufwendigere Digital/Analogwandler (sog. DACs), die zudem noch immer präziser werden müssen. Hinzu kommt, dass die durchaus üblichen Farbtiefen von 24 Bit und mehr auf analogem Weg kaum noch realisierbar sind. In 1999 hat IBM einen QXGA TFT-Monitor (Quad XGA) mit einer Auflösung von 2048 x 1536 Punkten vorgestellt. Eine solche Auflösung ist ebenfalls auf analogem Wege nicht mehr befriedigend zu erzielen. Heute ist man schon bei Auflösungen von 3840x2400.

Unsere klassischen „Röhrenbildschirme“ basieren immer noch auf der alten „Braun’schen“ Kathodenstrahlröhre (engl. Cathode Ray Tube = CRT). Hier wird ein Elektronenstrahl durch ein analoges elektrostatisches Feld auf einen bestimmten Bildpunkt gelenkt. Diese CRT-Bildschirme arbeiten also intern analog. Insofern macht es noch Sinn, diese Bildschirme auch analog anzusteuern. Moderne Flachbildschirme (Stichwort TFT) arbeiten jedoch intern völlig digital. Jeder Bildpunkt ist ein Transistor und wird punktgenau angesteuert. Hier ist die doppelte Wandlung von digital auf analog und wieder zurück nicht nur ein Kostenfaktor, sie bringt auch deutlich erkennbare Verluste in der Bildqualität.

Der DVI-Standard basiert weitgehend auf VESA Standards. Die Version DVI 1.0 wurde im Mai 1999 von der DDWG (Digital Display Working Group) verabschiedet. Die DDWG kümmert sich um die industrieweite Implementation. Dazu gehören - neben Intel - Sponsoren wie IBM, HP, Compaq, NEC und Fujitsu. Obwohl DVI noch nicht den hochhoffiziellen Segen der internationalen Standardkommissionen wie IEC, IEEE und EN genießt, hat er, mangels Alternative, sehr gute Chancen, zumindest ein de-facto Standard zu werden. Nicht zuletzt die sehr umfangreichen Forderungen an die Vor- und Rückwärts-Kompatibilität lassen darauf schließen. So ist zum Beispiel (optional – nicht zwingend) in Stecker und Kabel eine Koexistenz von digitalen und analogen Signalen vorgesehen, so dass durch einen simplen Adapter alternativ auch alte, analoge Monitore anschließbar sind. Diese haben dann natürlich keine DVI-Qualität.

Ein wenig Theorie

Um sich die Menge der zu übertragenden Daten zu vergegenwärtigen, hier ein ein paar Grundlagen:

Auflösung

Die Auflösung geht etwa quadratisch in die zu übertragende Bandbreite ein. Verdoppelt man also die Auflösung in horizontaler und vertikaler Richtung, so vervierfacht sich die benötigte Bandbreite.

Bildwiederholrate (refresh rate)

Die Refresh Rate geht linear in die benötigte Bandbreite ein. TFT-Monitore benötigen für eine flimmerfreie Darstellung durch ihre Trägheit eine geringere Bildwiederholrate als klassische Analogmonitore. Ein TFT-Monitor mit typischerweise 60 HZ braucht also nur 70% der Bandbreite die ein CRT-Monitor mit 85 Hz benötigt.

Totzeiten (blanking)

Klassische Analogmonitore haben technologiebedingt relativ lange Totzeiten. TFT-Monitore haben deutlich niedrigere Totzeiten.

Hier die Faustformel zur Ermittlung der benötigten Bandbreite:

$$X\text{-Auflösung} * Y\text{-Auflösung} * \text{Refreshrate} * (1 + \text{Totzeitverluste in \%}) = \text{Bandbreite}$$

Diese Formel gilt in etwa für die Bandbreite je Farbe bei Analogübertragung in Hertz als auch für die digitale Übertragung in Pix/elSekunde. Dabei ist jedoch zu beachten: Während beim Analogsignal die Farbtiefe (Helligkeit der Einzelfarbe) sozusagen gleichzeitig mit übertragen wird, braucht die digitale

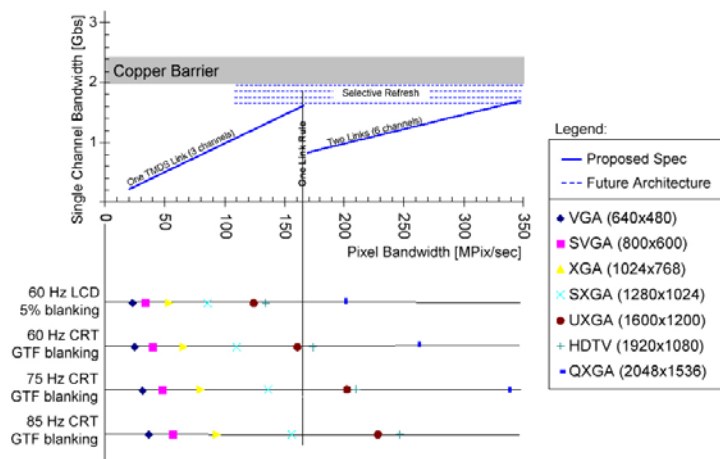


Figure 1-1. Available Link Bandwidth

Übertragung dafür 8 Bit je Farbkanal. Hinzukommen bei DVI noch zwei Steuerbits. Die Anzahl der zu übertragenden Bits/Sekunde ist also zehnmal höher als die Anzahl der Pixel/Sekunde (Pix/sec). DVI überträgt auf einem Link (Kabel) bis zu 165 MPix/sec – also 165 Millionen komplette Bildpunkte je Sekunde. Dafür wird die gigantische Übertragungsleistung von 1,65 Gigabit/Sekunde gebraucht. Hier wird deutlich, dass DVI extreme Anforderungen an die Übertragungshardware und die Kabel stellt.

Anspruch des DVI-Standards

- Verlustfreie digitale Übertragung vom Computer zum Display / Monitor
- Unabhängigkeit von den verwendeten Monitor-Typen (CRT, TFT usw.)
- Abdeckung aller Bedürfnisse in der IT - vom Notebook bis zum Grossrechner
- Offen für neue, noch unbekannte Technologien
- Relativ weitgehend rückwärtskompatibel
- Koexistenz von analogen und digitalen Signalen in einem Stecker
- Enge Kopplung an existierende und künftige VESA Standards
- Plug&Play mit Hotplug, EDID und DDCB2
- Skalierbare Übertragungsperformance

Technische Details

- Genau definierter 29-poliger Spezialstecker – 24 digitale Signale (zwingend) plus 5 analoge Signale (optional)
- Elektrische Übertragung durch T.M.D.S. (Transition Minimised Differential Signalling). Von Silicon Image entwickelte Hochgeschwindigkeitsübertragung. Skalierbare Übertragungsperformance durch ein oder zwei sog. "T.M.D.S. Links". Ein Link ist eine Kabelverbindung.
- Ein Link (Kabel) überträgt 4 digitale Signale: 3xDaten, 1xSynchronisation (clock). Ein Link unterstützt Geschwindigkeiten (bit-clocks) von bis zu 1.65 Gigahertz. Das entspricht 165 Mpel/sec, d.h. 165 Millionen Bildpunkte mit 24-Bit Farbtiefe pro Sekunde. Das entspricht z.B. ziemlich exakt der UXGA-Auflösung von 1600x1200 bei 60Hz Refresh und CTR blanking.
- Braucht man eine höhere Auflösung oder höhere Refresh Rates, kann ein zweites Link (Kabelverbindung) eingesetzt werden. Grafikkarte und Monitor brauchen dann also zwei DVI Buchsen. Der sog. „Dual Link“ modus wird beim booten automatisch erkannt. Bei zwei Links wird mit einem gemeinsamen Clock gearbeitet. Die maximale Datenrate wird verdoppelt.
- DVI unterstützt grundsätzlich 24-Bit Farbtiefe. Das klingt etwas dürftig, dürfte aber angesichts der verlustfreien Übertragung und der - verglichen mit der analogen Übertragung - höheren Präzision für die meisten Fälle ausreichen. Höhere Farbtiefen sind möglich, brauchen jedoch ein zweites Link.
- Man sollte die Bäume nicht in den Himmel wachsen sehen. Eine QXGA-Auflösung benötigt 200MPel/sec bei TFT-Timing und 60Hz. Damit werden schon zwei Links benötigt, aber hier sind noch 40% Reserve. Ein CRT gleicher Auflösung mit 75Hz Refresh und CRT – Timing ist mit zwei Links noch gerade machbar. Bei 85Hz Refresh liegt es schon außerhalb der möglichen Bandbreite.
- Um den Weg zu höheren Auflösungen trotzdem offen zu halten, erwähnt der DVI-Standard den „Selective Refresh“. Dies bedeutet, dass vom Computer nur Bildschirmregionen übertragen werden, die sich geändert haben. Den Rest muss der Monitor sich selbst merken und eigenständig refreshen – man kennt das Prinzip mit seinen Vorteilen und seinen Grenzen. Mehr wird im Standard 1.0 nicht erwähnt.
- Es zeichnet sich hier eine Entwicklung ab, bei der die Intelligenz immer weiter auf die Monitore verschoben wird. Eine ähnliche Entwicklung hatten wir in der Vergangenheit. Da wurde die rechenintensive Intelligenz der grafischen Darstellung immer mehr von der CPU auf die Grafikkarte verschoben.

T.M.D.S. Link

Der T.M.D.S.-Encoder befindet sich auf der Grafikkarte. Sein Eingang ist ein Parallel-Interface mit 24-Bit Farb-Daten (je 8 Bit für R, G und B) plus 6 Bit Control – also 30 Bit plus dem Pixelclock. Dieses Eingangssignal wird vom Encoder in einen seriellen Datenstrom umgewandelt: 3 sog. T.M.D.S. Daten-Channels und der sog. T.M.D.S.-Clock. Der T.M.D.S. Decoder (Monitor) wandelt diesen Datenstrom wieder zurück in parallele 24 Bit Daten und 6 Control-Signale. Der T.M.D.S.-Clock passt sich automatisch an die gewünschte Bandbreite an und liegt zwischen min. 25 Mpel/sec und max. 165 Mpel/sec.

Wie man sieht, ist T.M.D.S. auf 24 Bit Farbtiefe optimiert. Will man mehr Farben oder eine grössere Auflösung, so braucht man ein zweites Link.

Dual Link Mode

Es muss ein zweites Kabel hinzugesteckt werden. Das zweite Link ist identisch mit dem ersten. Hier wird (bei gemeinsamem Clock) die Anzahl der Channels von 3 auf 6 erhöht. Dabei überträgt das erste Link die ungeraden und das zweite die geraden Daten. Man erhält also eine verdoppelte Pixelrate von max. 330 MPel/sec. Auch der Dual Link Mode wird automatisch zwischen Grafikkarte und Monitor ausgehandelt.

Der Dual Link Mode scheint sich bei der Industrie jedoch nicht durchzusetzen. Grund ist der gemeinsame Clock beider Kabel. Es ist sehr schwierig, zwei exakt identische Kabel mit gleicher Laufzeit herzustellen. Ist das zweite Kabel nur geringfügig länger oder kürzer als das erste, so kommen die Daten zeitversetzt an und werden verfälscht. Die Industrie geht hier einen anderen Weg und setzt mehrere Single Links ein. Dann entfällt das Problem. Hinzu kommt, dass Dual Link in einigen Fällen schon nicht mehr ausreicht. Z.B. braucht der IBM Monitor T221 mit einer Auflösung von 3840x2400 schon vier Links zu seiner Ansteuerung. Eine Anzahl von mehr als zwei Links ist zwar im Standard nicht explizit erwähnt, ist aber - abgesehen von der fehlenden Plug&Play-Spezifikation – durchaus praktikabel.

Facit

Es wurde hohe Zeit für einen solchen Standard, um nicht die rasante Entwicklung bei hochauflösenden Monitoren oder grossflächigen Projektionstechnologien zu behindern. Doch der DVI ist nicht nur für High-End-Produkte sinnvoll. Das Entfallen der Wandlung von digital auf analog und wieder zurück ergibt nicht nur eine verlustfreie Bildqualität sondern spart auch die hohen Kosten für die entsprechenden Wandler in der Grafikkarte und (zumindest bei TFT) auch im Monitor. Das sind gute Voraussetzungen für einen mittelfristigen Einzug auch in Low-End-Systeme.

DVI 1.0 erscheint weitgehend detailliert, ausgereift und lückenfrei. Der Standard ist sowohl nach vorne offen als auch nach hinten recht rückwärtskompatibel, aufsetzend auf vorhandenen Standards – aber ohne übergroße Kompromisse. Dabei ist er nicht so komplex, dass sich auf der Herstellerseite größere Widerstände erwarten lassen. Dies war in der Vergangenheit bei neuen Standards immer wieder ein Grund zum Scheitern. Noch ein wichtiges Kriterium: Er ist ausreichend vom Betriebssystem isoliert.

Es ist erklärtes Ziel des Standards, den VGA-Stecker abzulösen und durch den übertragungstechnisch ausgereifteren DVI-Stecker zu ersetzen. Es wird jedoch keineswegs das Ende der CRT-Monitore eingeläutet. Die starke Unterstützung von CRTs hat keineswegs nur Gründe in der Rückwärtskompatibilität. Es ist zwar nicht explizit erwähnt, aber man kann indirekt schließen, dass CRT-Monitore noch eine Weile überleben werden, dabei jedoch eine höhere Eigenintelligenz entwickeln müssen und sich dann eher zum High-End-Segment hin verschieben werden.

Ein kleiner Wermutstropfen sei noch erwähnt. Die sehr hohe Übertragungsbandbreite von DVI setzt der Kabellänge enge Grenzen. Während man analoge Monitore – bei entsprechendem Qualitätsverlust - fast beliebig verlängern kann, gibt es hier eine „Kupfer-Barriere“ (Glasfaser wird nur erwähnt, aber nicht standardisiert). Die magische Grenze liegt momentan wohl knapp oberhalb 5 Metern, ab der dann überhaupt nichts mehr geht. Hier gibt es keine Fehlerkorrekturmaßnahmen. Pixel, die nicht korrekt übertragen wurden, werden brutal verfälscht. What you get is what you see.

Der komplette Standard DVI 1.0 kann bei www.ddwg.org herunter geladen werden.

Peter H. Leunig
Januar 2002