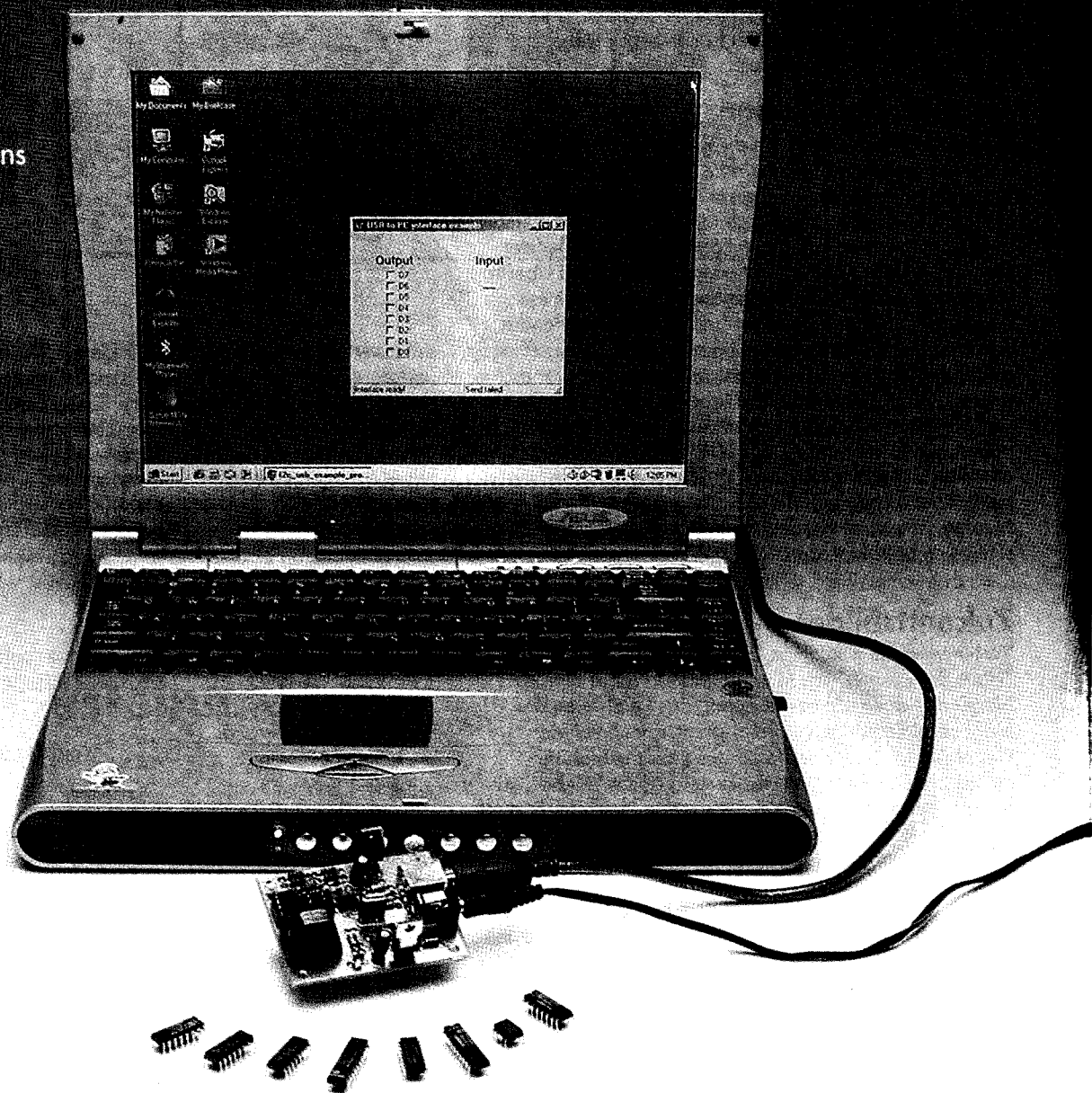


# USB/I<sup>2</sup>C-INTERFAC

Von Paul Goossens



Seit der Einführung des I<sup>2</sup>C-Bus von Philips in den achtziger Jahren wird dieser Bus auch gern für die Verbindung selbst entwickelter Hardware mit dem PC eingesetzt. Die Anpassung übernimmt meist eine einfache Interface-Schaltung, die vom PC-Parallelport gesteuert wird. Weil das nicht mehr ganz zeitgemäß ist, haben wir ein I<sup>2</sup>C-Interface für den USB-Port entwickelt.

# RFA CE I<sup>2</sup>C for ever....

Dem I<sup>2</sup>C-Bus wurde in Elektor schon öfter Aufmerksamkeit zuteil. In der Vergangenheit veröffentlichten wir zum Beispiel eine Reihe von Modulen, die über einen I<sup>2</sup>C-Bus mit dem PC kommunizieren können. Vervollständigt wurde diese Reihe durch eine ISA-Karte, die als I<sup>2</sup>C-Interface arbeitet. Eine andere häufig angewandte Lösung besteht darin, den PC-Parallelport mit Hilfe einer einfachen Anpassschaltung und der nötigen PC-Software in einen I<sup>2</sup>C-Bus zu verwandeln. Leider wird das Steuern des PC-Parallelports durch die modernen PC-Betriebssysteme erheblich erschwert. Es kommt immer häufiger vor, dass die Software von damals auf neuen PCs nicht mehr fehlerfrei läuft. Wir haben uns deshalb ein zeitgemäßes I<sup>2</sup>C-Interface entwickelt, das an den USB-Port angeschlossen wird.

## I<sup>2</sup>C-Geschichte

Philips entwickelte den I<sup>2</sup>C-Bus ursprünglich, um integrierte Bausteine in Geräten der Unterhaltungselektronik auf einfache und (Platinen-)platz sparende Weise miteinander zu verbinden. Der I<sup>2</sup>C-Bus begnügt sich mit zwei Signalleitungen, wo sonst acht Datenleitungen, diverse Adressleitungen und mehrere weitere Steuersignal-Leitungen nötig sind. Nach Einführung des I<sup>2</sup>C-Bus wurden sowohl von Philips als auch von anderen Herstellern diverse Bausteine entwickelt, die den I<sup>2</sup>C-Bus unterstützen. Zunächst waren die meisten Bausteine für Audio- und Video-Systeme bestimmt, später kamen auch digitale I/O-Chips, A/D-Wandler und anderes mehr hinzu. Inzwischen ist die Palette der Bausteine mit I<sup>2</sup>C-Bus-Anschluss breit gefächert, sie deckt viele Bereiche der digitalen und analogen Schaltungstechnik ab.

## I<sup>2</sup>C-Philosophie

Der I<sup>2</sup>C-Bus ist ein serieller Bus, der nach dem Master-Slave-Prinzip arbeitet. An einem I<sup>2</sup>C-Bus arbeitet immer

## Wichtige Eigenschaften

- **Kompakter Aufbau**
- **USB 1.0 Full-speed**
- **Kompatibel mit USB 2.0 Hosts**
- **Windows-Versionen: ab 98 SE**
- **Kein zusätzlicher Treiber nötig**
- **Kabellänge zwischen Interface und Modulen: bis 100 m**
- **I<sup>2</sup>C-Taktfrequenz: 100 kHz**
- **Einfache Anwendung durch DLL**
- **Source-Code der Firmware und Anwendungsbeispiele frei verfügbar**
- **Stromversorgung mit Steckernetzteil**

ein Baustein als so genannter Master, während sich die übrigen Bausteine als Slaves verhalten. Dies bedeutet unter anderem, dass der Master das Taktsignal generiert, und ferner muss jede Daten-Transaktion vom Master initiiert werden. Slave-Bausteine dürfen niemals aus eigener Initiative Daten auf den Bus legen.

Jedem Slave, der mit dem I<sup>2</sup>C-Bus verbunden ist, wird eine eigene Adresse zugewiesen. Alle Transaktionen beginnen mit einer START-Kondition, gefolgt von einer 7-bit-Adresse und einem Read/Write-Bit (R/W). Wenn ein Slave mit dieser Adresse am I<sup>2</sup>C-Bus angeschlossen ist, sendet er ein Acknowledge-Signal (ACK) zurück zum Zeichen dafür, dass er seine Adresse erkannt hat. Von diesem Zeitpunkt an ignorieren alle anderen Slaves die Vorgänge auf dem I<sup>2</sup>C-Bus, und zwar so lange, bis sie eine STOP-Kondition erkennen. Das R/W-Bit gibt an, ob der Master anschließend eine Schreib- oder Lese-Operation ausführt. Wenn R/W logisch 1 ist, handelt es sich um eine Lese-Operation. In diesem Fall setzt der Slave das folgende Byte auf den I<sup>2</sup>C-Bus. Ist R/W logisch 0 (Schreib-Operation), wird das folgende Byte vom Master auf den Bus gesetzt. In beiden Fällen

generiert der Master das Taktsignal. Nach Abschluss der Transaktion folgt eine STOP-Kondition, danach kann die nächste Transaktion beginnen.

## Vorüberlegungen

An ein I<sup>2</sup>C-Interface für den PC werden spezifische Anforderungen gestellt, die wir natürlich bei unserem Entwurf berücksichtigt haben. So soll sich zum Beispiel die Installation unter Windows möglichst einfach gestalten, und auch das Steuern aus einer Applikation soll möglichst unkompliziert sein. Auf der Seite der Interface-Hardware kommt der maximalen Bus-Länge eine wichtige Bedeutung zu. Der zulässige Abstand zwischen PC und I<sup>2</sup>C-Hardware soll möglichst groß sein, so dass die I<sup>2</sup>C-Schaltung weit entfernt vom PC platziert werden kann.

Um unser Vorhaben zu realisieren, mussten wir auf die Suche nach einem geeigneten Controller mit USB-Anschluss gehen. Die Wahl fiel auf den TUSB3410 von Texas Instruments, weil dieser Controller sowohl über eine USB- als auch I<sup>2</sup>C-Schnittstelle verfügt. Von seinem Hersteller wurde er unter der etwas missverständlichen Bezeichnung "USB to Serial Port Controller"

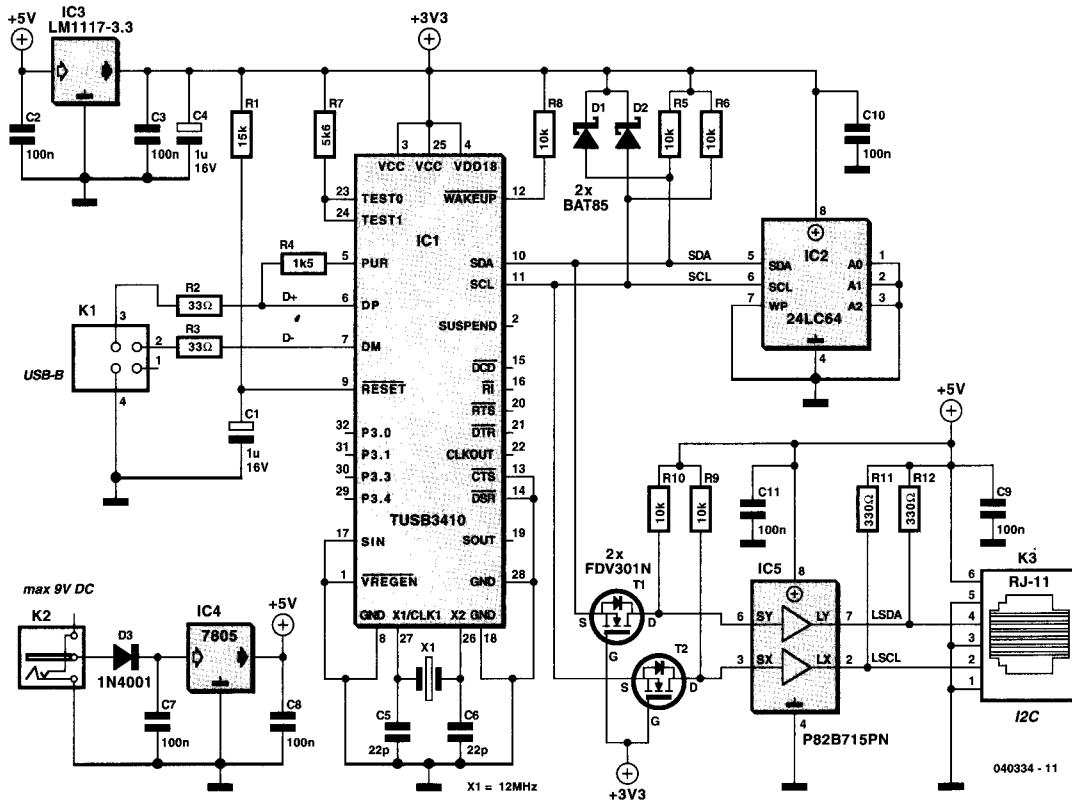


Bild 1. Das USB/I<sup>2</sup>C-Interface ist mit dem TUSB3410 von Texas Instruments aufgebaut.

auf den Markt gebracht. Genauer betrachtet ist der TUSB3410 ein 8051-kompatibler Controller mit 16 KB Programmspeicher, der außer den Schnittstellen für USB und I<sup>2</sup>C eine vielseitig verwendbare serielle Schnittstelle bietet. Dies alles und noch einiges mehr ist in einem winzigen 32-Pin-SMD-Gehäuse untergebracht.

Damit das I<sup>2</sup>C-Interface auch aus größerer Entfernung zum PC genutzt werden kann, haben wir die mit dem TUSB3410 aufgebaute Interface-Schaltung durch einen I<sup>2</sup>C-Bus-Extender des Typs P82B715PN ergänzt.

## Schaltung

Mittelpunkt der Schaltung in Bild 1 ist der Controller TUSB3410 (IC1). Die Stromversorgung übernimmt ein handelsübliches 9-V-Steckernetzteil, seine Ausgangsspannung wird von Spannungsregler IC4 auf 5 V herabgesetzt. Die Betriebsspannung 3,3 V für den TUSB3410 und das I<sup>2</sup>C-EEPROM (IC2) liefert ein zweiter Spannungsregler (IC3), der dem ersten nachgeschaltet ist. Aus Sicherheitsgründen wird die Schaltung nicht über den USB-Bus mit Strom versorgt. Da die Betriebsspannung 5 V auch an der RJ11-Anschlussbuchse K3 anliegt, sind Überlastungen und Kurzschlüsse von außen nicht auszuschließen; der USB-Port des PC

könnte dadurch beschädigt werden. Die Datenleitungen der USB-Anschlussbuchse K1 liegen über die Schutzwiderstände R2 und R3 an den zugehörigen Controller-Anschlüssen. Datenleitung D+ ist außerdem über einen 1,5-k<sub>Ω</sub>-Widerstand (R4) mit Ausgang PUR (Pull Up Resistor) von IC1 verbunden. Normalerweise liegt dieser Widerstand an der Betriebsspannung des Controllers. Der USB-Hub erkennt daran, dass am USB-Port ein Full-speed-USB-Device angeschlossen ist. Wenn der Pullup-Widerstand an einem Controller-Ausgang liegt, kann der Controller dem USB-Hub selbst signalisieren, dass ein USB-Device angeschlossen ist. Außerdem kann der Controller dem Hub auch "vorgaukeln", dass kein USB-Device angeschlossen ist, indem er den Ausgang auf 0 setzt. Dies ist beim Booten des Controllers von Bedeutung; weitere Informationen zu diesem Thema enthält die Textbox "Booten des TUSB3410".

Die Firmware befindet sich in einem I<sup>2</sup>C-EEPROM (IC2), es ist über den I<sup>2</sup>C-Bus mit dem Controller verbunden. Die Zener-Dioden D1 und D2 schützen den Controller vor möglicherweise gefährlichen Spannungsspitzen auf dem I<sup>2</sup>C-Bus. Die Pullup-Widerstände R5 und R6 müssen generell bei jedem I<sup>2</sup>C-Bus vorhanden sein.

Da die Betriebsspannung des Control-

lers 3,3 V beträgt, arbeitet auch der I<sup>2</sup>C-Bus des Controllers mit dieser Spannung. Die an seinen I<sup>2</sup>C-Anschlüssen liegenden Signale können nicht ohne Weiteres Bausteine steuern, die mit 5 V betrieben werden. Leider ist der I<sup>2</sup>C-Bus-Extender P82B715PN ein 5-V-Chip; die Spannungspegel müssen deshalb von T1, T2, R9 und R10 an die höhere Spannung angepasst werden. Der Bus-Extender sorgt zusammen mit R11 und R12 dafür, dass der I<sup>2</sup>C-Bus auch größere Distanzen überbrücken kann, indem er die Ströme verstärkt und die Impedanzen herabsetzt. Die in dieser Weise aufbereiteten Signale stehen an RJ11-Buchse K3 zur Verfügung.

Die doppelseitige Platine, deren Layout Bild 3 zeigt, hat relativ bescheidene Abmessungen; trotzdem sind auf ihr alle notwendigen Steckverbindungen untergebracht. Die Montage der SMD-Bauelemente IC1, T1 und T2 bedarf erhöhter Sorgfalt. Die Transistoren können noch einigermaßen bequem mit einem Lötgerät gelötet werden, das mit einer bleistift-förmigen Spitze ausgerüstet ist. Die IC-Montage erfordert jedoch zusätzliche Maßnahmen. Erfolg versprechend ist folgende Vorgehensweise:

Kleben Sie zunächst den IC-Körper mit einem kleinen Tropfen Alleskleber in der exakten Position auf die Platine.