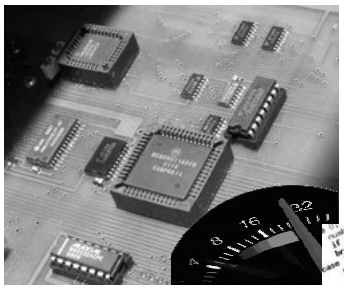
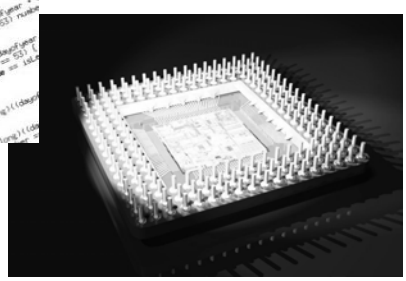


MIKROPROZESSOR PROGRAMMIERUNG

6. VORLESUNG



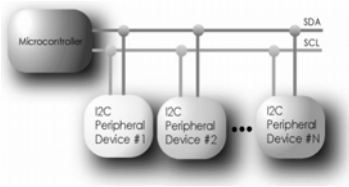
LV-Nr. 439.026

SS2007

BUSSYSTEME und Interfaces

I²C Bus

I²C (für Inter-Integrated Circuit, gesprochen I-Quadrat-C bzw. I-square-C) ist ein von Philips Semiconductors entwickelter serieller Bus. Er wird benutzt, um Geräte mit geringer Übertragungsgeschwindigkeit an ein Embedded System oder eine Hauptplatine anzuschließen. Das ursprüngliche System wurde in den frühen 1980er Jahren entwickelt, um verschiedene Chips von Philips in Fernsehgeräte einfach steuern zu können.



Manchmal wird er auch **2-Draht-Bus** genannt, was auch nicht abwegig ist, da der Bus tatsächlich nur mit 2 bidirektionalen Leitungen auskommt (Masse und Versorgungsspannung nicht mitgerechnet).

Die erste Leitung wird mit **SDA** (= Serial Data) bezeichnet. Über diese Leitungen werden die eigentlichen Daten seriell übertragen. Die zweite Leitung wird mit **SCL** (= Serial Clock) bezeichnet. Hier werden die Takt-Impulse gesendet.

Eigenschaften

- 1992 erste Spezifikation 1.0 veröffentlicht
- Datenübertragung 100 kbit/s (Standard-Modus) oder „schnellen" Modus mit 400 kbit/s
- Adressraum 7/10 Bit, so dass bis zu 1024 Knoten unterstützt werden.
- 1998 Version 2.0 ☞ „Hochgeschwindigkeits-Modus" mit max. 3,4 Mbit/s
- I²C Bus ist als Master- Slave- Bus konzipiert

Anwendungen:

- Analog-Digital-Umsetzer
- Digital-Analog-Umsetzer
- Speicher-Bausteine z.B. EEPROMs
- Echtzeit-Uhren und Timer
- Display-Treiber (LC-Display)
- Bausteine für Fernseh- und HIFI Geräte
- Parallele I/O-Ports
- …

BUSSYSTEME und Interfaces

I²C Bus Protokoll

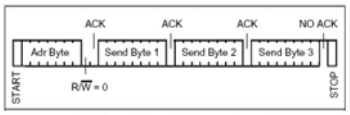
Der Bus-Master initialisiert eine Schreib- oder Lesesequenz mit einem bestimmten Teilnehmer. Jede Übertragungssequenz beginnt mit einer **Start-Bedingung** (SDA vor SCL auf 0) und endet mit einer **Stopp-Bedingung** (SCL vor SDA auf 1).

Nach einem Start folgt ein Byte mit der 7Bit Teilnehmer-Adresse (b1-b7) und dem RW' Bit (b0), welches angibt, ob zum Teilnehmer geschrieben wird (b0=0) oder vom Teilnehmer gelesen werden soll (b0=1).

7Bit Teilnehmer-Adresse							RW'
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

Master sendet Daten zum Slave:

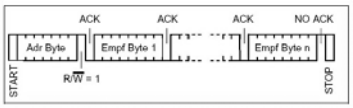
Mit einer Start-Bedingung beginnt die Schreibsequenz. Der Master gibt das Adressbyte mit dem RW' Bit =0 aus. Der Slave antwortet mit ACK (Bit 9 ☞ SDA auf 0). Anschließend sendet der Master ein oder mehrere Datenbytes. Nach jedem Datenbyte gibt der Slave ein ACK-Bit zurück. Die Übertragung endet mit einer Stopp-Bedingung.



Master sendet Adressbyte und Daten zu einem Slave

Master empfängt Daten von einem Slave:

Eine Start-Bedingung leitet eine Lesesequenz ein. Der Master gibt das Adressbyte mit dem RW' Bit =1 aus. Der Slave antwortet mit ACK (Bit 9 ☞ SDA auf 0). Anschließend sendet der Slave ein oder mehrere Datenbytes. Nach jedem empfangenen Byte gibt der Master ein ACK- Bit zurück. Die Übertragung endet mit einer Stopp-Bedingung.

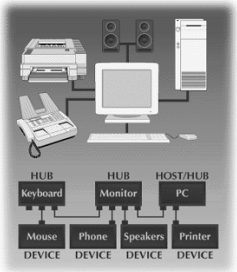


Master sendet Adressbyte und liest Daten von einem Slave

BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

Der **Universal Serial Bus (USB)** ist ein Bussystem zur Verbindung eines Computers mit Zusatzgeräten. Ein USB- Anschluss belegt wenig Platz und kann einfache Geräte wie Mäuse, Telefone oder Tastaturen mit Strom versorgen. Mit USB ausgestattete Geräte können im laufenden Betrieb miteinander verbunden werden („Hot-Plugging"), angeschlossene Geräte und deren Eigenschaften können automatisch erkannt werden. Moderne Computer haben meist zwei bis sechs USB- Schnittstellen. Stehen zuwenig USB- Anschlüsse zur Verfügung, kann man über preiswerte Hubs mehrere - bis zu 127 USB- Geräte an einer Schnittstelle betreiben.



Leistungsstufen des USB:

- LOW SPEED bis 1,5Mbit/s
- FULL SPEED bis 12Mbit/s
- HIGH SPEED bis 480Mbit/s (USB V2.00)

Diese Raten basieren auf dem Systemtakt der jeweiligen USB-Geschwindigkeit und stellen die physikalische Bitrate dar. Die tatsächlich nutzbare Datenrate liegt - z. B. durch Datenoverhead - darunter; bei aktuellen Systemen in der Größenordnung 320 Mbit/s.

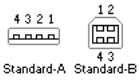
BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

USB 2.0:

Wird die Schnittstelle eines Geräts mit „USB 2.0“ angegeben, heißt das nicht unbedingt, dass dieses Gerät auch die **High-Speed-Datenrate** von 480 MBit/s anbietet. Standpunkt der Anbieter ist dabei, dass ein USB-2.0-kompatibles Gerät grundsätzlich jede der drei Geschwindigkeiten benutzen kann und die 2.0-Kompatibilität in erster Linie bedeutet, dass die neueste Fassung der Spezifikation eingehalten wird. 480 MBit/s dürfen also nur erwartet werden, wenn ein Gerät mit dem Logo „USB 2.0 Hi-Speed“ ausgezeichnet ist.

Anschlüsse/Kabel/Steckerbelegung:



Der USB kennt zwei verschiedene Steckertypen, Typ A und Typ B. Das System ist so konzipiert, dass keine Verwechslung möglich ist. Anders als bei der RS232 gibt es auch keine Unterschiede zwischen gekreuzten und geraden Verbindungen. Kabel sind immer 1:1 verbunden. Die Belegung ist immer gleich.

1	+5V
2	Data-
3	Data+
4	Masse

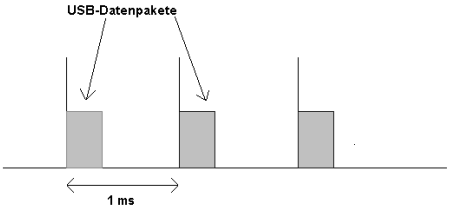
Die Signale auf den beiden Leitungen D+ und D- sind Differenzsignale mit Spannungspegeln von 0V/3,3V. Der angeschlossene Mikrocontroller arbeitet in vielen Fällen mit einer Betriebsspannung von 3,3 V. Die Versorgungsspannung am USB kann bis zu 5,25 V betragen und bei starker Belastung bis auf 4,2 V abfallen. Ein Spannungsregler liefert auch in diesem Fall noch stabile 3,3 V. Das gesamte System ist so ausgelegt, dass auch bei maximaler Belastung eine Versorgungsspannung von 4,2 V nicht unterschritten wird.

BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

Serielle Übertragung Teil 1:

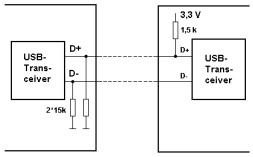
Der USB ist ein Bus mit nur einem Master, d.h. alle Aktivitäten gehen vom PC aus. Daten werden in kurzen Paketen von 8 Bytes oder bis 256 Bytes versandt und empfangen. Der PC kann Daten von einem Gerät anfordern. Umgekehrt kann kein Gerät von sich aus Daten absenden.
Der gesamte Datenverkehr hat einen Rahmen von exakt einer Millisekunde. Innerhalb eines Rahmens können nacheinander Datenpakete für mehrere Geräte verarbeitet werden. Dabei können Lowspeed- und Fullspeed-Pakete zusammen vorkommen. Werden mehrere Geräte angesprochen, sorgt ein Bus-Verteiler (Hub) für die Verteilung. Er verhindert auch, dass Fullspeed- Signale an Lowspeed- Geräte weitergeleitet werden.

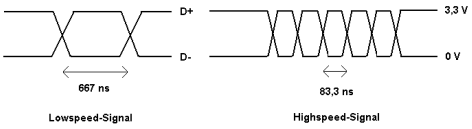


BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

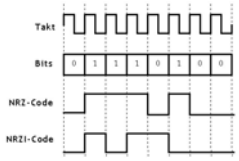
Serielle Übertragung Teil 2:





Zu beachten ist, dass diese Geschwindigkeit allein vom Master vorgegeben wird. Die Slaves synchronisieren sich auf den Datenstrom. Es wird kein getrenntes Datensignal übertragen, also muss der Takt erst einmal aus dem Datensignal gewonnen werden. Dazu wird das **NRZI-Verfahren** verwendet (Non-Return-to-Zero inverted).

Die Hardware kodiert und dekodiert die Signale. Die Aufgabe des Empfängers ist es, die Daten zu empfangen und zu dekodieren. Es gibt ein besonderes Verfahren, dass dafür sorgt, dass die Synchronisierung nicht verloren geht. Wenn der ursprüngliche Datenstrom sechs folgende Einsen enthält, wird vom Sender automatisch eine Null eingefügt (**Bit Stuffing**), um einen Pegelwechsel zu erzwingen. Der Empfänger entfernt diese Null wieder aus dem Datenstrom. Jedes Datenpaket hat zum Zweck der Synchronisation einen besonderen Vorspann, das **Sync-Byte** (00000001b). Der Empfänger sieht wegen der NRZI-Kodierung und dem Bit-Stuffing acht wechselnde Bitzustände. Bei der darauffolgenden Übertragung muss die Synchronisierung erhalten bleiben, will man sinnvoll Daten übertragen.
All diese Vorgänge laufen allein in den entsprechenden Hardware-Bausteinen ab, die ähnlich wie ein UART für die RS232 die eigentliche Arbeit übernehmen.



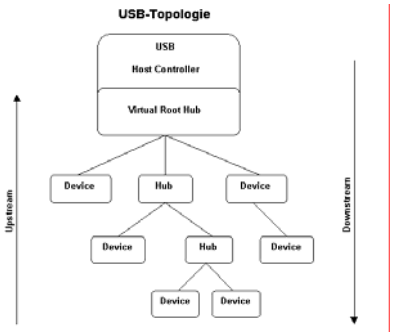
BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

USB-Anschluss:

Ein nicht verwendeter USB-Anschluss ist nicht aktiv, d.h. der Hub sendet keinen Datenrahmen. In diesem Fall sind die beiden Signalleitungen „LOW“ und haben einen Innenwiderstand von 15 KΩ. Jedes USB-Peripheriegerät besitzt einen Widerstand von 1,5KΩ, der eine der beiden Signalleitungen mit +3,3 V verbindet. Bei einem Fullspeed-Gerät wird D+ hochgezogen, bei einem Lowspeed- Gerät D-. Der Hub erkennt also den Typ des Gerätes und kann eine Datenverbindung mit der entsprechenden Übertragungsrate aufbauen.

USB-Topologie:



Stromabgabe:

Beim Start darf jedes USB- Gerät bis zu 100 mA aufnehmen. Falls ein höherer Bedarf besteht, muss dieser angemeldet werden. Der Hub kann dann mehr Strom erlauben, sodass bis zu **500 mA** angefordert werden können. Ein externer Hub kann als Bus- Powered- Gerät nur 100 mA pro Downstream- Port abgeben, da er insgesamt nicht mehr als 500 mA aufnehmen darf und auch noch einen gewissen Eigenbedarf hat.

BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

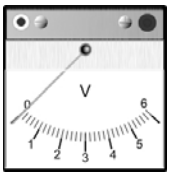
USB-Transfertypen:

Control-Transfer: Zur Steuerung der Hardware werden **Control-Requests** verwendet. Sie arbeiten mit hoher Priorität und mit automatischer Fehlerüberwachung. Die Übertragungsrate ist hoch, da bis zu 64 Bytes in einem Request übertragen werden können.

Interrupt-Transfer: Von Geräten verwendet, die periodisch kleine Mengen an Daten liefern, wie z.B. Mäuse und Tastaturen. Dies geschieht dadurch, dass das Gerät periodisch, so etwa alle 10 ms, nach neuen Daten fragt. Im allgemeinen werden bis zu 8 Bytes übertragen.

Bulk-Transfer: Für größere Datenmengen, die eine Fehlerüberwachung benötigen, die aber nicht zeitkritisch sind. Beispiele sind Drucker und Scanner.

Isochronous-Transfer: Große Datenmengen mit einer definierten Datenrate, wie z.B. für Soundkarten. Es wird eine bestimmte Datenrate garantiert. Fehlerkorrektur findet nicht statt, da einzelne Übertragungsfehler weniger schlimm sind als Lücken in der Übertragung.



Für Anwendungen im Bereich Messen, Steuern, Regeln bietet sich besonders der **Control-Transfer** an, wo hohe Datensicherheit mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit gekoppelt wird. Es lassen sich leicht einige Übertragungsprotokolle realisieren, die der jeweiligen Aufgabe angemessen sind.

BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

USB- Vorteile:

- Stecker und Buchse sind für alle USB-Geräte gleich (Norm)
- USB macht also Schluss mit den leidigen Adaptern.
- Plug & Play: Windows 98/2K/XP erkennen die Geräte sofort nach dem Einstecken, installiert automatisch die passenden Treiber und macht die Hardware betriebsfertig.
- Hot- Plug- Fähigkeit: Wenn ein USB- Gerät an- oder abgestöpselt werden soll, muss der Rechner vorher nicht mehr heruntergefahren werden.
- An einer USB-Schnittstelle finden bis zu 127 Geräte Anschluss. Die maximale Datenrate beträgt 1.5 / 12 / 480 MBit/s - je nachdem, welche der Geschwindigkeiten das angeschlossene Gerät erfordert.

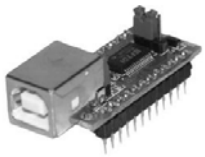
USB- Nachteile:

- große Komplexität des USB
- einfache Geräte wie an der RS232 sind hier nicht möglich.
- ein USB-System verfügt mindestens über einen USB-fähigen µC mit einem umfangreichen Programm
- auf der PC-Seite ist ein Treiber erforderlich.
- das Schreiben eines PC-Treibers ist nicht einfach.

BUSSYSTEME und Interfaces

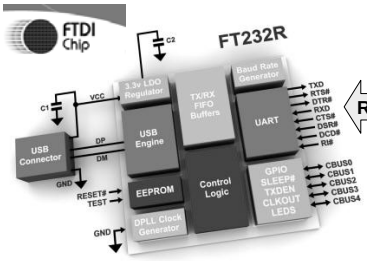
Universal Serial Bus USB

USB – LOW COST für Mikrocontroller



USB – UART IC FT232R

USB



RS232

µC

PC-Treiber:

Windows XP x64
Windows XP
Windows Server 2003
Windows 2000
Windows 98/ME
Linux
Mac OS X
Mac OS 9
Mac OS 8
Windows CE.NET (Version 4.2 and greater)

http://www.ftdichip.com

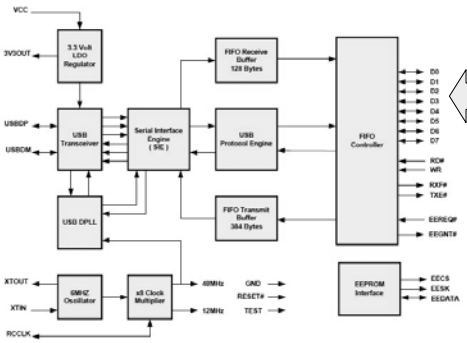
BUSSYSTEME und Interfaces

Universal Serial Bus USB

USB – LOW COST für Mikrocontroller

USB

USB – FIFO IC FT245



8-Bit

µC

PC-Treiber:

Windows XP x64
Windows XP
Windows Server 2003
Windows 2000
Windows 98/ME
Linux
Mac OS X
Mac OS 9
Mac OS 8
Windows CE.NET (Version 4.2 and greater)

http://www.ftdichip.com

BUSSYSTEME und Interfaces

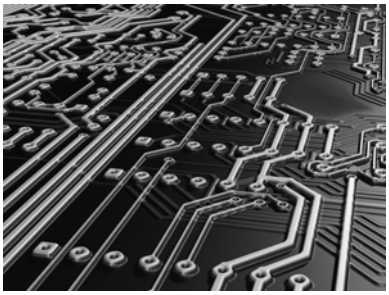
Vortrag: Bussysteme im KFZ

Zusatzinformationen für Bussysteme:

Kommunikation zwischen Mikrocontrollern

I²C Spezifikation

CAN-Entwicklerseite
http://www.can-cia.org/

USB
http://www.usb.org

USB- Entwicklerseite
http://www.ftdichip.com