

Highspeed-USB-Kommunikation einfach integriert – UART/FIFO-Wandler-Modul

„Klein, aber oho“ gilt sicherlich für das serielle UART/FIFO-Wandler-Modul UM-FT2232H. Bestückt ist die steck- und lötbare Entwicklungsplatine mit dem USB-Baustein der fünften Generation von FTDI, einem USB-2.0-Highspeed-Wandlerchip mit zwei unabhängigen UART-Schnittstellen. Datenraten bis zu 12 MBaud (RS232/RS422/RS485) sind damit möglich. Lizenzfreie VCP- und D2XX-Treiber zur Kommunikation über einen virtuellen COM-Port oder direkt über eine DLL werden von FTDI für Windows, Linux und Mac OS bereitgestellt. Die Stromversorgung kann wahlweise extern oder über USB erfolgen. Die Schnittstellen arbeiten mit +3,3-V-Pegel, sind aber auch +5-V-tolerant.

Vielseitig und schnell

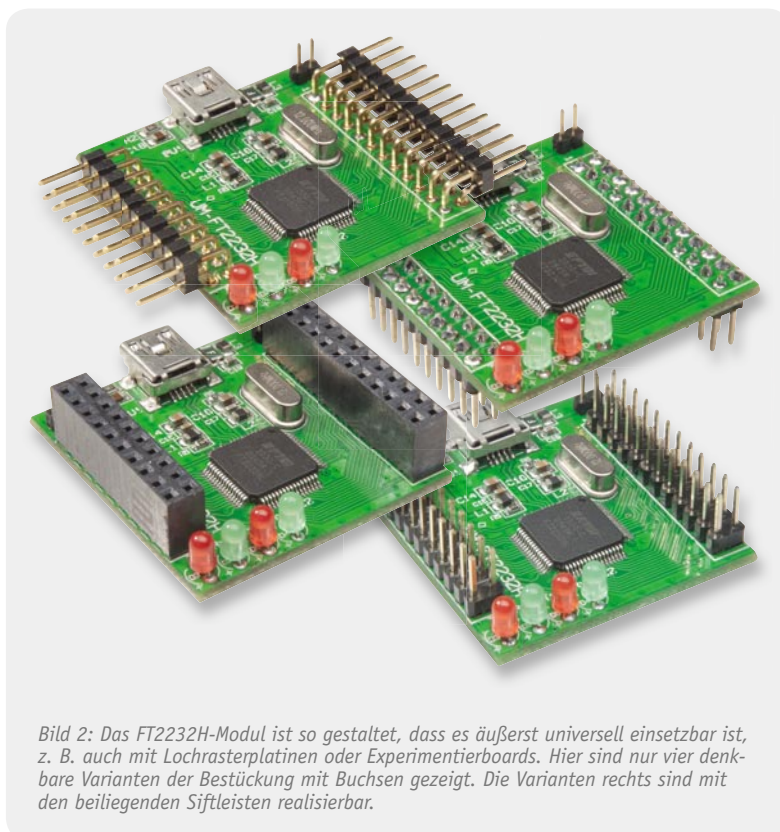
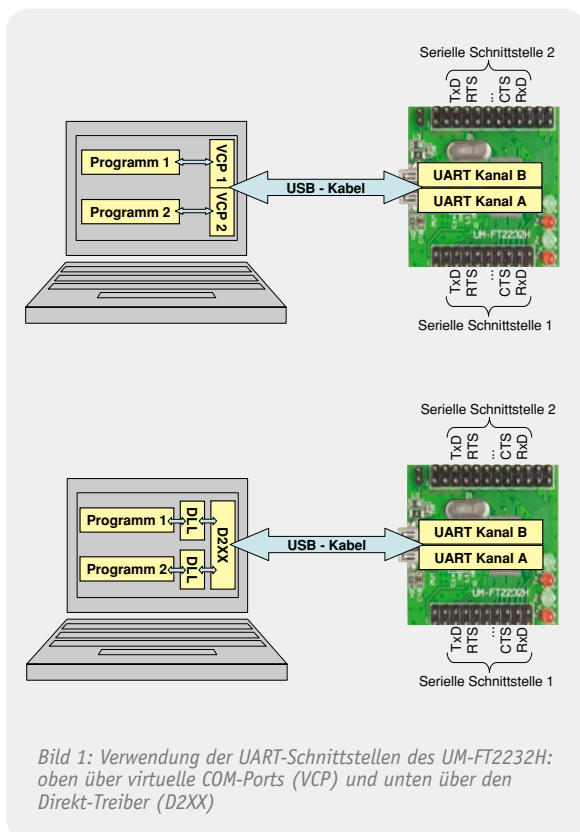
Viele Elektronikentwicklungen sind, zumindest zur Inbetriebnahme bzw. Erprobung, auf eine Verbindung zum PC angewiesen, etwa Schaltungen mit Mikroprozessoren. Letztere werden, um nur ein Beispiel anzuführen, über eine serielle ISP-Schnittstelle programmiert. Sie erfordern auf der Computerseite z. B. beim STK500 von Atmel eine serielle Schnittstelle, die aber heute vor allem an tragbaren Computern kaum noch zur Verfügung steht. Also setzt man hier einen USB-Seriell-Wandler wie z. B. den UM2102 von ELV ein, der auch gute Dienste leistet, wenn es um direkte Kommunikation zwischen PC und Mikroprozessorschaltung im laufenden Betrieb geht. Das dazu bisher meistverbreitete USB-Wandler-IC war der FT232R von Future

Technology Devices International, kurz FTDI. So praktisch, preiswert und schnell einsetzbar dieser ist, stößt er doch an Grenzen. Hauptsächlich ist dies die Übertragungsgeschwindigkeit, die Datenrate beträgt max. 3 MBaud. Auch verfügt er nur über eine UART-Schnittstelle, ein Manko, wenn beim Betrieb mehrerer Mikroprozessoren ein zusätzliches Interface nötig wird.

Mit der fünften Generation der USB-Wandler-Bausteine, dem FT2232H, hat FTDI Nägel mit Köpfen gemacht. Nicht nur, dass der USB 2.0 High-speed mit vollen 480 Mbit/s beherrscht, er verfügt auch über gleich zwei unabhängige UARTs mit jeweils bis zu 12 MBaud, sodass man zwei getrennte Übertragungskanäle realisieren kann. Und schließlich werden die seriellen Schnittstellen durch eine MPSSE (Multi Protocol Synchronous Serial Engine) bereitgestellt, was nichts anderes bedeutet, als dass neben der üblichen UART-Schnittstelle, die die Schnittstellenprotokolle RS232,

Gerätetyp:	USB-Highspeed-Schnittstellenwandler
USB-Schnittstelle:	USB 2.0 Highspeed mit 480 Mbit/s, Mini-B-Buchse
Schnittstellen (2 wählbar):	UART (z. B. für RS232/RS422/RS485) bis 12 MBaud; SPI (MPSSE); I ² C (MPSSE); JTAG (MPSSE)
FTDI-Treiber* für virtuellen COM-Port (VCP)	Windows 2000/XP/Vista/7 (32 und 64 Bit)
und direkt (D2XX) kompatibel zu:	Windows CE 4.2/5.0/5.2/6.0; Max OS-X (nur VCP-Treiber)
	Linux ab 2.4 (D2XX), Linux ab 2.6.9 (VCP)
Anzeige:	im UART-Betrieb 4 LEDs zur Anzeige des Datenverkehrs (Rx/Tx)
Spannungsversorgung:	USB-powered oder über Stiftleiste mit 3,3–5 V _{DC} , ±10 %, max. 150 mA
Abmessungen (B x H x T):	27 x 19 x 41 mm

*Treibersoftware und Dokumentation (Englisch) werden von FTDI zur Verfügung gestellt



RS422 und RS485 bedient, über Programmierbefehle auch die Schnittstellen SPI, I²C und JTAG bereitgestellt werden können. Aus dieser Vielfalt kann der Anwender zwei – auch verschiedene – Schnittstellen definieren, die dazu auch noch mit verschiedenen Baudraten betrieben werden können. Wie schon bei der Vorgängergeneration, ist der FT2232H entweder per Treiber für einen virtuellen COM-Port (VCP) oder direkt per von FTDI bereitgestellter DLL über den D2XX-Treiber aus einem Programm ansprechbar. Bild 1 stellt diese beiden Einsatzfälle dar. Mit dem VCP-Treiber kann man, ohne programmieren zu müssen, sofort jedes bestehende Programm verwenden, das über COM-Ports Daten austauscht. Das Vorgehen per DLL und D2XX-Treiber eröffnet dem Anwender mit Programmierkenntnissen den direkten Zugriff auf die UARTs via USB ohne das immer wieder erforderliche Heraussuchen des richtigen COM-Ports.

So weit erst einmal zu den wichtigsten Eigenschaften des FT2232H. Weiteres hierzu findet sich unter „Elektronikwissen“ sowie in den umfangreichen Publikationen von FTDI wie [1] und [5].

Das UM-FT2232H-Interface von ELV

Die genannten Eigenschaften des FT2232H waren natürlich eine Herausforderung für unsere Entwickler, den praktischen Baustein auch einzusetzen. Heraus kamen das in ELV 5/2011 erscheinende USB-Mini-Oszilloskop USB-MSM und ein kompaktes, ungemein vielseitig einsetzbares USB-Wandler-Modul, das UM-FT2232H.

Es ist als lötl- und steckbares Elektronikmodul ausgeführt, das sehr einfach in Eigenentwicklungen integrierbar ist oder zur Nachrüstung einer schnellen USB-Schnittstelle eingesetzt werden kann. Sämtliche Steck- bzw. Lötanschlüsse sind streng im 2,54-mm-

Raster ausgeführt, auch die Steckleistenanschlüsse zueinander, sodass auch der problemlose Einsatz in Lochraster- und Experimentierplatinen möglich ist.

Alle Port-Pins des FTDI-Treiberchips sind auf die Stiftleistenanschlüsse geführt und damit einfach zugänglich. Per Software-Konfiguration können so alle erwähnten Schnittstellenarten auf zwei unabhängigen Kommunikationskanälen über nur eine USB-Schnittstelle definiert und zur Verfügung gestellt werden. Die Konfiguration erfolgt je nach Funktion entweder über ein PC-Tool von FTDI [3] oder per Befehle über die DLL. Die Konfiguration wird in einem EEPROM stromausfallsicher gespeichert.

Die Spannungsversorgung kann wahlweise über USB (+5 V) oder über eine der Stiftleisten (+3,3 bis 5 V) erfolgen. Auf die Stiftleisten sind auch die Spannungsnetze +3,3 V, +U_B und +U_{usb} geführt. Soll das Modul über USB versorgt werden, kann dazu ein Jumper auf der Platine gesetzt werden.

Sehr praktisch beim UART-Betrieb sind die 2x 2 LEDs, die den bidirektionalen Datenverkehr (Rx/Tx) optisch sichtbar machen.

Die USB-Schnittstelle ist speziell mit für Highspeed-Datenübertragungsleitungen vorgesehene Dioden gegen elektrostatische Entladung (ESD) geschützt, sodass stets ein sicherer Betrieb gewährleistet ist.

Die Stiftleistenanschlüsse sind sehr vielseitig ausführbar, man kann Löt- und Steckkontakte, Buchsenkontakte in gerader oder abgewinkelter Ausführung auf oder unter der Platine bestücken, ganz nach Gusto bzw. Anforderungserfordernis. Bild 2 zeigt vier mögliche Varianten der Bestückung, wobei unten rechts die Standardversion mit den beiliegenden Stiftleisten abgebildet ist.

Inbetriebnahme

Da das UM-FT2232H-Modul sehr unterschiedlich einsetzbar ist, viele verschiedene, teilweise recht komplexe Schnittstellen bietet und mit diversen Treibern für Windows-, Linux- und Mac-Rechnern zusammenarbeitet, die ausschließlich über FTDI bereitgestellt werden, ergibt sich dadurch ein riesiges Themengebiet, das hier nur sehr beschränkt angerissen werden kann. Der Einsatz einer Elektronikkomponente wie dem UM-FT2232H erfordert einerseits technisches Fachwissen und andererseits die je nach

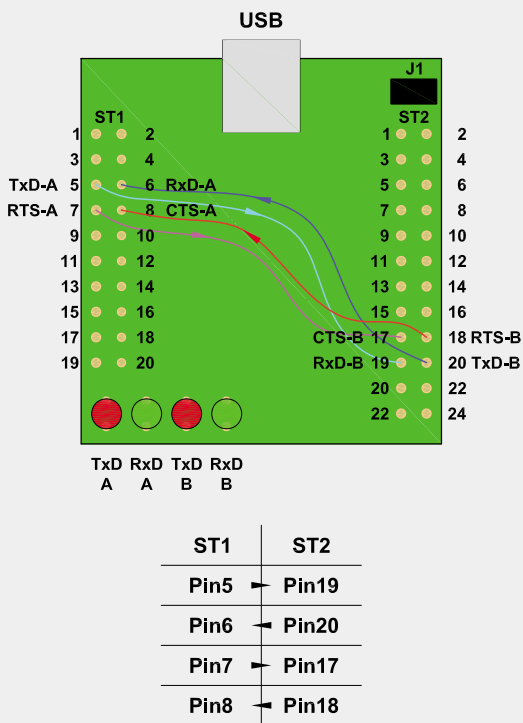


Bild 3: Testanwendung – UART-Kanal-A über Kreuz verbunden mit UART-Kanal-B

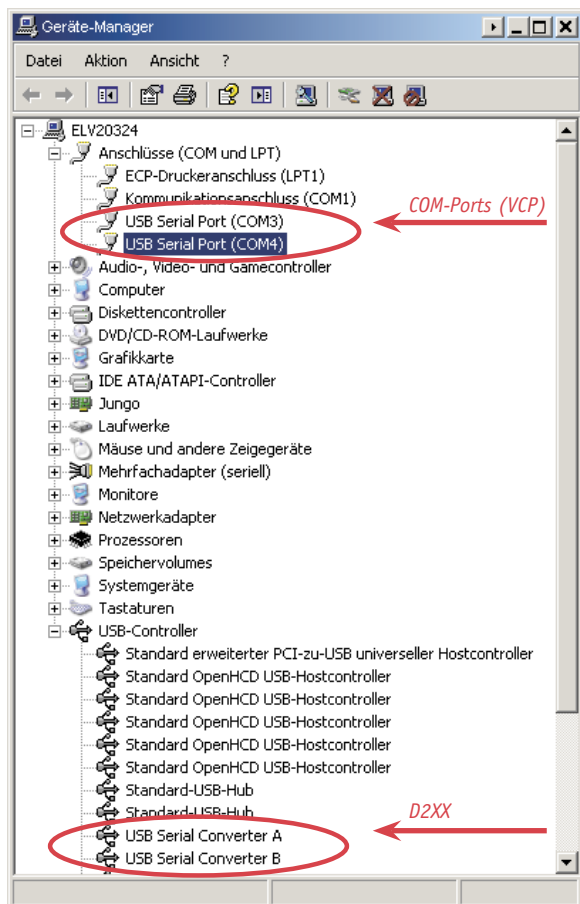


Bild 4: Im Geräte-Manager tauchen nach Anschluss des UM-FT232H und Installation des VCP-Treibers insgesamt vier neue Einträge auf. Hier können auch die zugewiesenen COM-Ports abgelesen werden.

Anwendung mehr oder weniger intensive Beschäftigung mit den auf der FTDI-Website kostenfrei erhältlichen ausführlichen Datenblättern und Application-Notes [1 und 5]. Hierbei ist zu beachten, dass diese Dokumente zwar ausschließlich in englischer Sprache zur Verfügung stehen, sich dem Techniker aber schnell erschließen.

Dennoch können mit dem UM-FT232H auch einfache Anwendungen ohne viel Aufwand schnell realisiert werden. Dies gilt beispielsweise für den im Folgenden beschriebenen Highspeed-UART-Wandler. Der Einsatz des UM-FT232H als I²C- oder FIFO-Schnittstelle stellt dagegen eine höhere Hürde dar, zu deren Umsetzung einige Zeit in die entsprechende Dokumentation von FTDI investiert werden sollte.

Zum Start eines neuen Projektes sollten zuerst einmal folgende Punkte beantwortet werden:

- Welche Schnittstellen kommen zum Einsatz?
UART, FIFO, I²C, SPI usw.?
- Wie erfolgt die Spannungsversorgung des Moduls und wie die der übrigen Elektronik? USB-powered oder Versorgung über Netzteil?

Sobald diese Fragen geklärt sind, kann man einen entsprechenden Anschlussplan entwerfen, der einem beim Anschluss des Moduls an die gewünschte Hardware weiterhilft. Je nachdem wie die Spannungsversorgung realisiert werden soll, ist der Jumper J 1 entweder zu öffnen oder zu schließen.

Generell sind beim Anschluss des UM-FT232H folgende wichtige Hinweise zu beachten:

Wird das UM-FT232H statt über USB (USB-powered), über Pin 2 der Stiftleiste ST 2 versorgt, darf die Spannung der externen Spannungsquelle +5 V nicht überschreiten. Der Jumper J 1 muss in diesem Fall offen bleiben. Die Spannungsquelle sollte mindestens einen Strom von 100 mA bereitstellen können, um das Modul stets ausreichend mit Strom zu versorgen. Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Zudem darf nur eine Quelle begrenzter Leistung gemäß EN60950-1 eingesetzt werden, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Beide Forderungen werden üblicherweise z. B. von handelsüblichen Steckernetzteilen mit maximal 500 mA Strombelastbarkeit erfüllt.

Die Low-TTL-Pegel auf den 32 Datenleitungen ACBUSx, ADBUSx, BCBUSx und BDBUSx betragen ausgangsseitig zwischen 0 und +3,3 V. Laut FTDI-Datenblatt [1] sind die Datenleitungen eingangsseitig auch +5-V-tolerant. Diese Ausnahme gilt aber keinesfalls für die Anschlüsse /RESET und +3,3 V, wo maximal +3,3 V anliegen dürfen.

Die Länge der an ST 1 und ST 2 angeschlossenen Datenleitungen sollte gerade bei hohen Datenraten so kurz wie möglich gehalten werden, wobei jeder Millimeter zählt. Eventuell helfen auch abgeschirmte Leitungen. Soll die für das UM-FT232H maximal zulässige Leitungslänge von 15 cm überschritten werden, ist auf die Einhaltung aller geltenden Richtlinien zur CE-Konformität zu achten und dies gegebenenfalls durch eigene Prüfung zu bestätigen. Dasselbe gilt für Anwendungen, die Funktionen des FT232H verwenden, die hier nicht näher beschrieben sind (z. B. FIFO, Bit-Bang, Treiben von Lasten > 1 mA über die Portpins).

Testanwendung – nutzlos, aber lehrreich!

Als Nächstes stellen wir Schritt für Schritt eine kleine Testanwendung mit dem UM-FT232H vor, die außer PC und USB-Kabel keine weitere Hardware voraussetzt. Die Spannungsversorgung erfolgt hier USB-powered, weshalb J 1 zu schließen ist. Für die Datenübertragung kommen die UART-Schnittstellen des FT-232H zum Einsatz, die entsprechend Bild 3 über Kreuz miteinander verbunden sind, sodass Daten von einem Terminalprogramm (z. B. „HTerm“ [6]) auf ein zweites Terminalprogramm übertragen werden können. Die Daten fließen dann vom ersten Programm über den virtuellen COM-Port (z. B. COM 3) durch das USB-Kabel zum UM-FT232H. Dieser sen-

det die Daten über den UART-Kanal A und Pin 5 von ST 1 (TxD-A) auf Pin 20 an ST 2 (RxD-B) zum UART-Kanal B. Von dort gelangen die Daten zurück durchs USB-Kabel, über den zweiten virtuellen COM-Port (z. B. COM 4) zum zweiten Terminalprogramm, wo sie schließlich angezeigt werden. Möchte man die Übertragung noch um Handshake-Signale erweitern, können zusätzlich noch CTS und RTS von Kanal A und B gekreuzt miteinander verbunden werden. Alle dafür notwendigen Verbindungen finden sich in [Bild 3](#).

Bevor das so weit vorbereitete Modul am PC angeschlossen wird, ist ein passender VCP-Treiber von der FTDI-Website [2] herunterzuladen und in ein eigenes Projektverzeichnis zu entpacken. Nun kann der UM-FT2232H über ein USB-Kabel angeschlossen werden, woraufhin sich der Windows-Hardware-Assistent öffnet und fragt, ob er selbstständig nach einem Treiber suchen soll. Dies beantwortet man mit „Nein, diesmal nicht“. Im Folgenden wählt man „Software von einer Liste oder bestimmten Quelle installieren“ und gibt als Quelle das Verzeichnis an, in das der Treiber entpackt wurde. Achtung! Windows installiert denselben Treiber insgesamt viermal nacheinander! Dies liegt daran, dass jeder der beiden Kanäle des FT-2232H einmal als virtueller COM-Port („USB Serial Port COMx“) und einmal als „USB Serial Converter“ dem System hinzugefügt wird. Diese Installation kann auch im Geräte-Manager überprüft werden (siehe Bild 4). Hier finden sich auch die Nummern der zugewiesenen COM-Ports, die hier im Folgenden benötigt werden.

Ist alles erfolgreich installiert und das UM-FT232H-Modul über ein USB-Kabel am PC angeschlossen, kann für den Test „HTerm“ oder ein ähnliches Terminalprogramm zweimal hintereinander aufgerufen werden. In

beiden Programmen sind bis auf die Wahl des COM-Ports die gleichen Einstellungen vorzunehmen. Sobald man den „Connect“-Button drückt, kann man im Feld „Baud“ beliebige Werte eintragen, auch z. B. 4.000.000 oder 12.000.000 (auch wenn jedes einzelne Byte zwar mit der gewählten Geschwindigkeit übertragen wird, kann „HTerm“ diese Geschwindigkeit für ganze Bytefolgen nicht mehr effektiv erreichen – für solch hohe Geschwindigkeiten sind speziell dafür ausgelegte Anwendungen notwendig).

Nun kann der eigentliche Test, also die Datenübertragung beginnen. Mit dem Button „Send file“ lassen sich mit HTerm ganze Dateien übertragen, die sich beim empfangenen HTerm mit „Save output“ (Einstellung „Raw“) auch wieder abspeichern lassen.

Auch mit „HyperTerminal“ kann man eine Testübertragungen (Protokoll „Zmodem mit Wiederherstellung“ wählen) durchführen. Um mit „HyperTerminal“ Baudraten von mehr als 921.600 Bit/s verwenden zu können, muss man allerdings leider mit [7] den FTDI-Treiber so anpassen, dass statt einer der Standardgeschwindigkeiten (z. B. 300 Baud) die gewünschte hohe Baudrate verwendet wird. FTDI nennt das „Aliasing“ und beschreibt die Vorgehensweise dafür in der mit [7] installierten Hilfe. Dies ist aber eher etwas für Experten, da bei der Erstellung neuer USB-Treiber Vorsicht geboten ist und Windows das Gerät sonst eventuell nicht mehr verwenden kann.

Schaltungsbeschreibung und Konfiguration der Spannungsversorgung

Die Schaltung des UM-FT232H (Bild 5) hält sich eng an das FTDI-Referenzdesign, das im Datenblatt [1] zu finden ist. Gleichzeitig wurde das Schaltungsdesign möglichst universell gehalten, damit das Modul die zahlreichen Funktionen und Schnittstellen des Dual-UART-Wandler-Chips FT-232H (IC 2) nicht einschränkt.

Die 32 Portpins dieses zentralen Bauelements plus die Steuerleitungen /PWREN, /SUSPEND und /RESET sind zur freien Verwendung zusammen mit den Spannungsnetzen +3,3 V, +U_B und +U_{usb} auf die Stiftleisten ST 1 und ST 2 geführt. +U_{usb} und +U_B lassen sich über den Jumper J 1 miteinander verbinden, sodass für die Spannungsversorgung mehrere Varianten

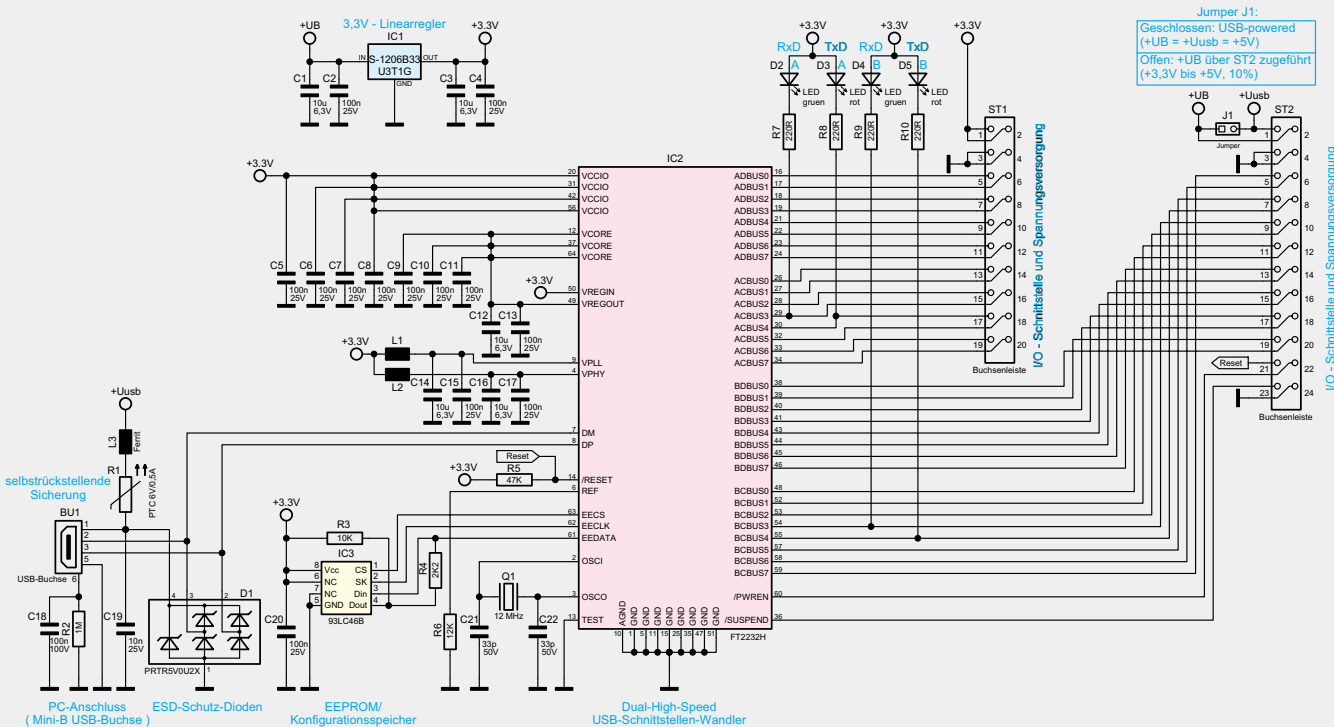


Bild 5: Das Schaltbild des USB-UART-Moduls UM-FT2232H

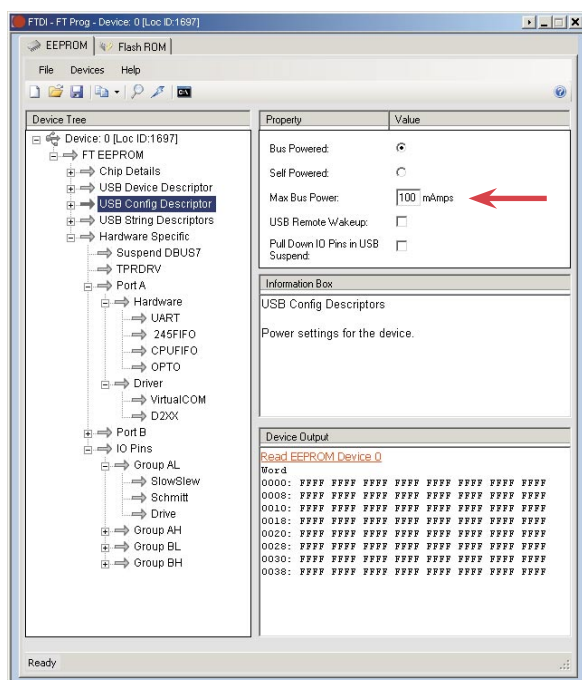


Bild 6: Einstellung der zulässigen Stromentnahme über den USB-Port mithilfe des FTDI-Konfigurationsprogramms „FT-Prog 2.0“

FT2232H – Datenübertragung mit Highspeed

Der FT2232H ist ein multifunktioneller Dual Highspeed-USB-UART/FIFO-Umsetzer, der die volle USB-2.0-Highspeed-Rate von 480 Mbit/s in der USB-Kommunikation erfüllt. Er stellt zwei unabhängige serielle (mit vollem Handshake-Betrieb) oder parallele Schnittstellen zur Verfügung, die individuell als UART (RS232, RS422, RS485, bis 12 MBaud), FIFO oder MPSSE (JTAG, I²C, SPI oder Bit-Banging, inkl. RD- und WR-Signalen) konfigurierbar sind. Der von FTDI frei zur Verfügung gestellte VCP-Treiber macht eine sofortige Nutzung der USB-Schnittstelle ohne weitere Softwareentwicklung unter den meisten PC-Betriebssystemen möglich. Der ebenfalls angebotene D2XX-Treiber ermöglicht eine schnelle und sehr flexible Einbindung in eigene Softwareprojekte.

Der Chip enthält außer einem extern anzuschließenden Taktquarz alle notwendigen Funktionsgruppen inklusive interner 1,8-V-Spannungserzeugung (LDO) für den Prozessorkern (VCore). In diesem ist das Hardware-USB-Protokoll (USB Protocol Engine) fest integriert, es ist also keine weitere Firmware nötig. Für die Bereitstellung der vollen Highspeed-Rate verfügt der Chip über eine PLL für die Generierung von 480 MHz aus dem 12-MHz-Takt.

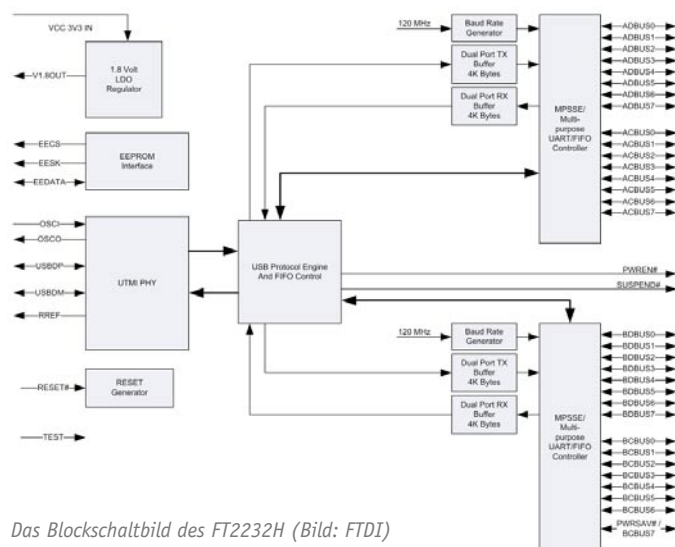
Zur Realisierung der beiden UART/FIFO-

möglich sind. Im Normalfall oder bei der Erstinbetriebnahme sollte man die Schaltung über USB versorgen, wofür der Jumper J 1 zu schließen ist. Zudem sollten vorerst keine zusätzlichen Elektronikkomponenten an die Stiftleisten des UM-FT2232H angeschlossen werden, um zu Beginn alle möglichen Fehlerquellen auszuschließen.

Der Linearregler IC 1 reduziert die vom USB-Port gelieferten +5 V auf +3,3 V. Mit der 3,3-V-Spannung wird unter anderem der FT-2232H (IC 2) versorgt. Intern erzeugt dieser Chip aus den +3,3 V wiederum eine +1,8-V-Spannung, die am IC-2-Ausgang VREGOUT herausgeführt und über die VCore-Eingänge dann den Prozessorkern betreibt.

Möchte man das UM-2232H-Modul nicht über USB, sondern über ein Netzteil versorgen, ist lediglich der Jumper J 1 zu öffnen und die Spannung von außen über den Pin 2 von ST 2 zuzuführen. Benötigt man für externe Elektronikkomponenten ebenfalls eine Spannung von +5 V oder +3,3 V, so kann man sowohl die +5-V-USB-Spannung über Pin 1 an ST 2 als auch die +3,3-V-Spannung über Pin 1 an ST 1 herausführen. Dabei ist ganz besonders der maximal zulässige Strom zu beachten. Auf der +3,3-V-Leitung dürfen maximal 50 mA entnommen werden, während die Entnahme auf der +5-V-Leitung von der USB-Konfiguration abhängt, die man mithilfe des PC-Tools [3] im EEPROM (IC 3) speichern kann. Im Auslieferungszustand meldet sich der UM-FT2232H mit einem maximalen Verbrauch von 100 mA am USB-Port an, sodass in diesem Fall nur maximal 20 mA über Pin 1 von ST 2 entnommen werden dürften, da das UM-FT2232H-Modul ca. 80 mA Eigenverbrauch hat. Wenn das Modul aber mithilfe des in Bild 6 gezeigten PC-Programms „FT-Prog“ auf 500 mA umkonfiguriert wird, dürfen bis zu 420 mA über ST 2 entnommen werden.

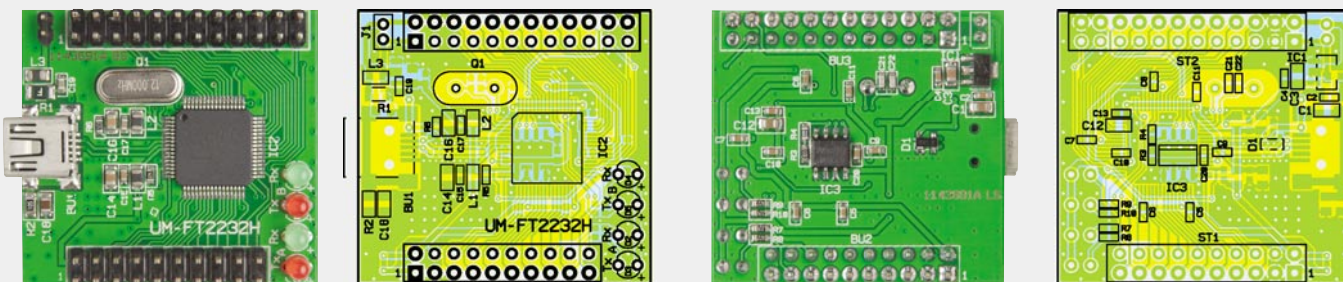
Im UART-Betriebsmodus bietet der FT-2232H die Option, den Datenverkehr auf den TxD- und RxD-Leitungen mit LEDs anzuzeigen. Dafür dienen



Das Blockschaltbild des FT2232H (Bild: FTDI)

Schnittstellen verfügt der Chip über zwei per Software konfigurierbare Multifunktions-Controller (MPSSE), jeweils einen Dual-Port-Empfangs- und Sendedaten-Puffer sowie jeweils einen konfigurierbaren Baudraten-Generator. Die I/O-Ports sind zum Treiben von Lasten mit einstellbaren Strömen von 4 bis 16 mA geeignet. Die seriellen Interfaces sind konfigurierbar für den Betrieb einer optisch isolierten seriellen Schnittstelle.

Eine physische USB-Schnittstelle (UTMI) sorgt für einen normgerechten USB-Port mit UHCI/OHCI/EHCI-Host-Kompatibilität und USB-Suspend- sowie Low-Power-Option. Über ein EEPROM-Interface ist ein externer EEPROM zur Speicherung von Konfigurationsdaten anschließbar.



Ansicht der komplett bestückten Platine des UM-FT2232H mit Bestückungsplan, links Oberseite, rechts Unterseite der Platine

beim UM-FT2232H die bedrahtet ausgeführten LEDs D 2 bis D 5. Sollten die LEDs in anderen Anwendungen stören und die Spannungspegel negativ beeinflussen, so können die LEDs erst gar nicht bestückt oder einfach wieder entfernt werden. Die Leitungen zu den Widerständen R 7 bis R 10 bleiben in dem Fall offen.

Das bereits erwähnte PC-Tool „FT-Prog“ speichert die Konfiguration im externen EEPROM IC 3. Bei die-

sem Chip handelt es sich um einen 1 Kbit großen Speicherbaustein, der über eine 3-polige Microwire-Schnittstelle (SPI-ähnlich) angesprochen wird. Die 125 Byte Speicherinhalt können interessanterweise, wie in Bild 6 unten rechts zu sehen, direkt mit „FT-Prog“ angezeigt werden.

Nachbau

Der Nachbau des UM-FT2232H kann sich je nach Einsatzzweck und Montageart unterschiedlich gestalten. Die Hauptkomponenten wie Chips, USB-Buchse und Widerstände, Dioden, Kondensatoren sind bereits werkseitig bestückt, sodass lediglich der Quarz Q 1, der Jumper J 1, die Stiftleisten ST 1 und ST 2 und die Leuchtdioden D 2 bis D 5 zur Bestückung bleiben. Absolut notwendig ist dabei allerdings nur der Quarz Q 1. Die LEDs sollten nur dann aufgelötet werden, wenn man diese auch tatsächlich zur Anzeige des Datenverkehrs im UART-Betrieb benötigt. Hierzu bitte das Datenblatt [1] zurate ziehen. Wenn man die LEDs auflöten möchte, ist auf die richtige Polung der Bauteile zu achten. Das längere Anschlussdraht kennzeichnet die Anode, deren Lötpad auf der Platine mit einem Pluszeichen markiert ist.

Der Steckjumper J 1 kann auch unbestückt bleiben, wenn man stattdessen die Pins 1 und 2 der Stiftleiste ST 2 dafür nutzt und die eventuell notwendige Verbindung im eigenen Schaltungsteil realisiert.

Die Stiftleisten ST 1 und ST 2 können ebenfalls unbestückt bleiben, wenn das Modul direkt auf eine Platine mit vorhandenen Stiftleisten aufgelötet werden soll. Die mitgelieferten Stiftleisten können je nach Erfordernissen, wie in Bild 7 zu sehen, auch gegen längere, kürzere oder abgewinkelte Stiftleisten ersetzt werden.

Widerstände:

220 Ω /SMD/0603	R7-R10
2,2 k Ω /1 %/SMD/0603	R4
10 k Ω /SMD/0603	R3
12 k Ω /1 %/SMD/0603	R6
47 k Ω /1 %/SMD/0603	R5
1 M Ω /SMD/0805	R2
Polyswitch/6 V/0,5 A/SMD/1206	R1

Kondensatoren:

33 pF/SMD/0603	C21, C22
10 nF/SMD/0603	C19
100 nF/SMD/0603	C2, C4-C11, C13, C15, C17, C20
100 nF/100 V/SMD/0805	C18
10 μ F/SMD/0805	C1, C3, C12, C14, C16

Halbleiter:

S-1206B33-U3T1G/SMD	IC1
FT2232HL/SMD	IC2
93LC46B/SMD	IC3
PRTR5V0U2X/SMD	D1
LED, 3 mm, Grün	D2, D4
LED, 3 mm, Rot	D3, D5

Sonstiges:

Quarz, 12 MHz, HC49U4	Q1
Chip-Ferrite, 0805, 600 Ω bei 100 MHz, 500 mA	L1-L3
USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelpoint, liegend, SMD	BU1
Stiftleiste, 2 x 10-polig, gerade, print	ST1
Stiftleiste, 2 x 12-polig, gerade, print	ST2
Stiftleiste, 1 x 2-polig, RM = 2,0 mm, gerade, print	J1
Jumper, RM = 2,0 mm, Schwarz, ohne Fahne	J1

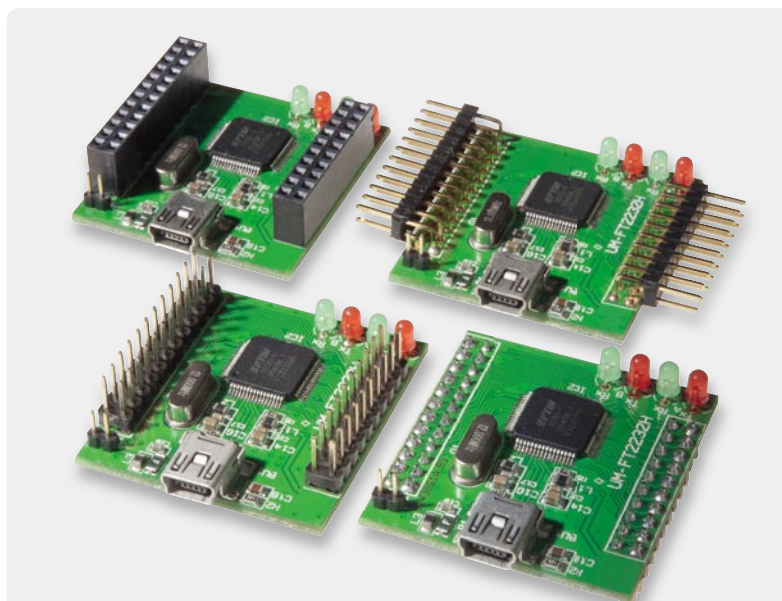
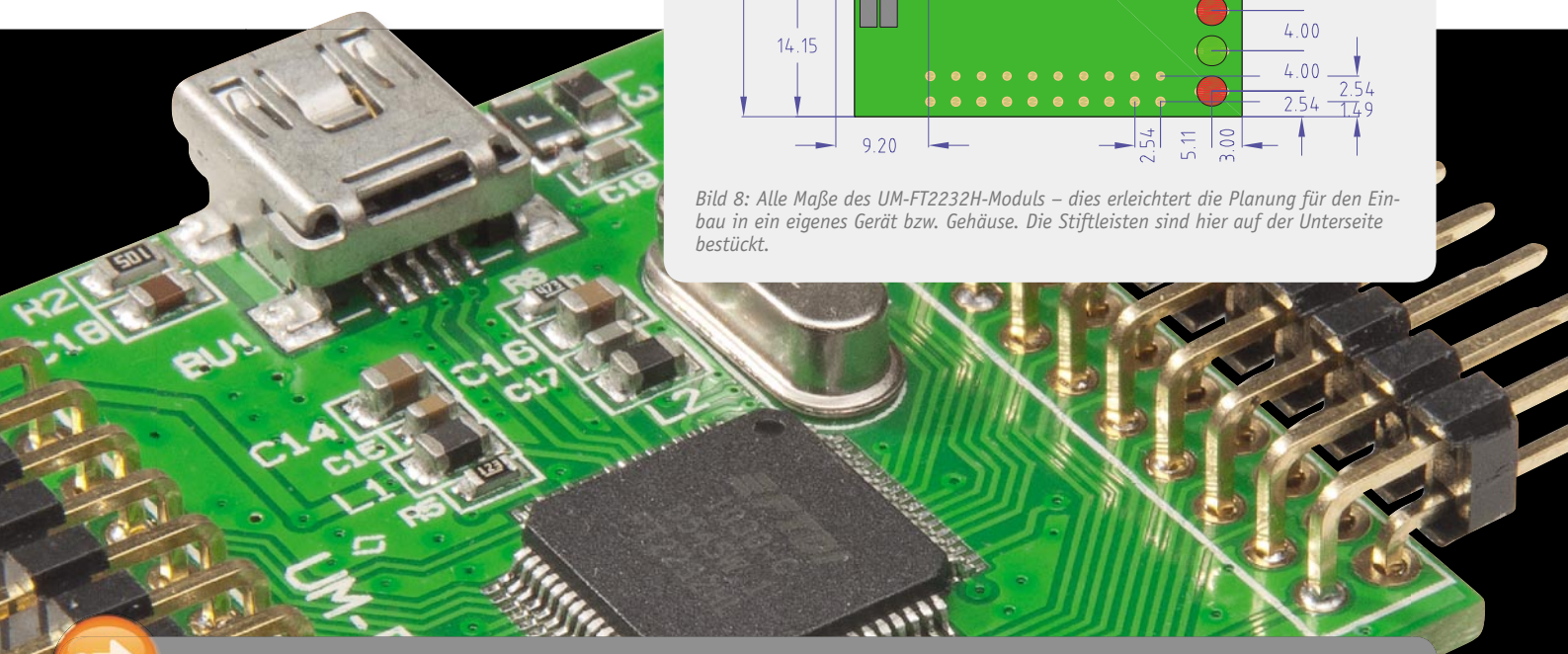
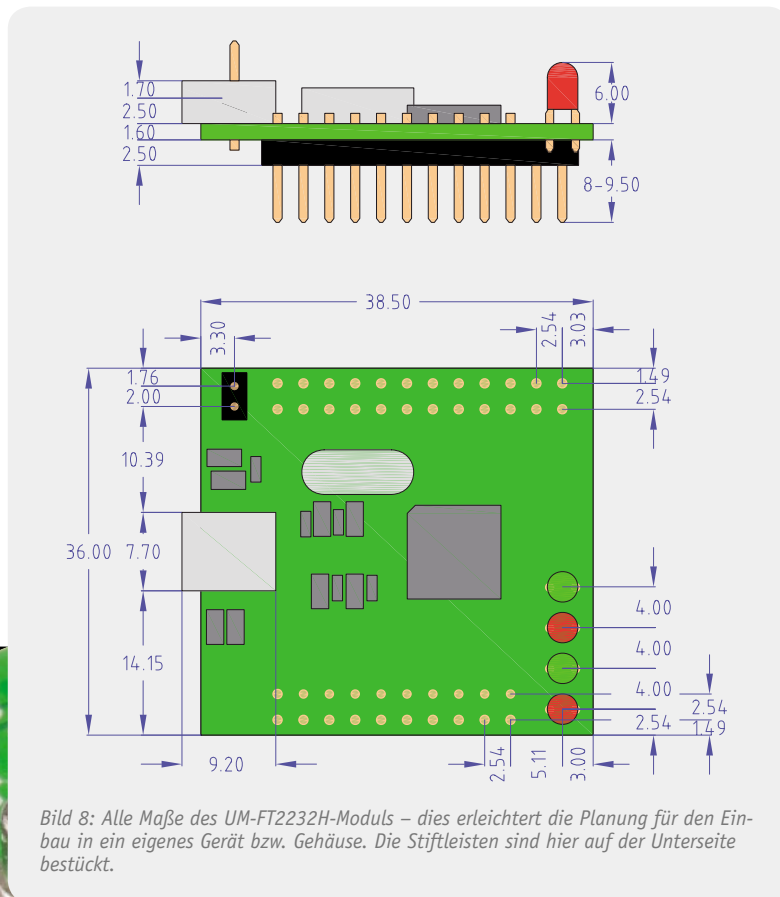


Bild 7: Verschiedene Bestückungsvarianten mit Buchsen und Stiftleisten. Die Standardversion befindet sich vorne links.

Auch die Bestückung von Buchsen für ST 1 und ST 2 ist denkbar. Sowohl Stiftleisten als auch Buchsen können sowohl auf die Platinenoberseite (Normalfall) als auch auf der Unterseite bestückt werden – je nachdem wie es am besten passt. Soll das Modul in ein Experimentierboard gesteckt oder auf eine Lochrasterplatine gelötet werden, bietet sich die Bestückung der Stiftleisten auf der Unterseite an.

Zum Schutz des UM-FT2232H vor Berührung und dadurch entstehenden Schäden oder Funktionsstörungen durch elektrostatische Entladung (ESD) ist das Modul vor der Inbetriebnahme in ein Gehäuse einzubauen oder anderweitig gegen Berührung abzuschirmen. Nur die Frontseite der Mini-USB-Buchse darf von außen zugänglich sein. In **Bild 8** finden sich alle wichtigen Abmessungen, die man für den Einbau in ein Gehäuse oder zur Integration des UM-FT2232H in ein eigenes Platinenlayout benötigt. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] Datenblatt mit Beispielapplikationen zum FT2232H
www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT2232H.pdf
- [2] Treiber-Download für den FT-2232H (VCP- und D2XX-Treiber):
www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm
- [3] Software-Tool „FT_PROG 2.0 – EEPROM Programming Utility“ zur Konfiguration des UM-FT2232H
www.ftdichip.com/Support/Utilities/FT_Prog_v2.0.zip
- [4] Anleitung zur Verwendung des „FT_PROG 2.0 – EEPROM Programming Utility“
www.ftdichip.com/Support/Documents/AppNotes/AN_124_User_Guide_For_FT_PROG.pdf
- [5] Datenblätter, Anleitungen, Beispielschaltungen, Programmierhinweise usw. zu den FTDI-Chips
www.ftdichip.com/Support/FTDocuments.htm
- [6] Kostenfreies Terminalprogramm „HTerm“
www.der-hammer.info/terminal
- [7] Hilfsprogramm zur Anpassung der FTDI-Treiber „FT_INF 1.1 – Custom INF File Generator“
www.ftdichip.com/Support/Utilities/FT_INF.zip