

# Trennungsgedanken

## I<sup>2</sup>C-Leitungen per Optokoppler galvanisch trennen

Zum Zoo der Kommunikationsprotokolle für kurze Strecken gehört der wichtige Inter-Integrated-Circuit-Bus, kurz I<sup>2</sup>C. Da er Sende- und Empfangsrichtung im Multiplexverfahren überträgt, ist der Einsatz eines Optokopplers nicht trivial. Der Beitrag gibt einen Überblick und stellt wichtige Schaltungen vor. *Autor: Thomas C. T. Sng*

**Er ist einer der bekanntesten** synchronen Datenbusse, der periphere Bauteile auf einer Platine verbindet: der Inter-Integrated-Circuit-Bus, kurz I<sup>2</sup>C. Dieses Standardprotokoll bietet viele Vorteile, allen voran: I<sup>2</sup>C kann bis zu 128 Baugruppen ohne CS-Signal adressieren (Chip Select). Konkurrenten wie SPI (Serial Peripheral Interface) oder Microwire benötigen hingegen eine CS-Adressverbindung. Applikationen in der Industrie-, Endverbraucher-, Medizin- und Telekommunikations-Elektronik beinhalten üblicherweise einen Mikrocontroller, der Handshaking-Signale zu peripheren Bauteilen wie E/A-Ports, LCD-Treibern, Datenwandlern und Speicher-IC (EEPROM) sendet. Wichtig ist dabei eine galvanische Trennung, zum Beispiel per Optokoppler, die bei I<sup>2</sup>C aber nicht ganz trivial ausfällt.

### I<sup>2</sup>C-Überblick

Der I<sup>2</sup>C-Steuerbus begnügt sich mit einem bidirektionalen zweiadrigen seriellen Datenbus (SDA) und einem seriellen Taktbus (SCL). Er kann in viele Herstellungsprozesse integriert werden, beispielsweise in Bipolar- und CMOS-Technologie. Der Standard definiert drei Arbeitsfrequenzen für dieses Protokoll: 100 Kilohertz (Standard Speed), 400 Kilohertz (Fast Speed) und 3,5 Megahertz (High Speed). Die digitale Datenübertragung erfolgt von Mastern (Sender) zu Slaves (Empfänger) oder umgekehrt über die SDA- und SCL-Adressleitung. So generiert zum Beispiel ein Mikrocontroller (Master) ein Taktsignal und leitet eine Datenübertragung ein. Ein LCD-Treiber (Slave), der vom Mikrocontroller angesprochen wurde, empfängt die Dateninformation.

Da viele Master und Slaves am I<sup>2</sup>C-Steuerbus angeschlossen sein können, kann es zu Konflikten kommen: Senden zwei Master gleichzeitig Daten und der erste produziert eine „1“ während der andere eine „0“ schickt, dann löst I<sup>2</sup>C den Konflikt, indem es dem Mikrocontroller Priorität einräumt, der als erstes eine „0“ sendet. Slaves haben hingegen eine eindeutige Adresse, so dass der sendende Master den gewünschten Empfänger erreicht. Während SPI und Microwire einen zusätzlichen Chip-Auswahl-Kontakt brauchen, um sich mit einem peripheren Bau-



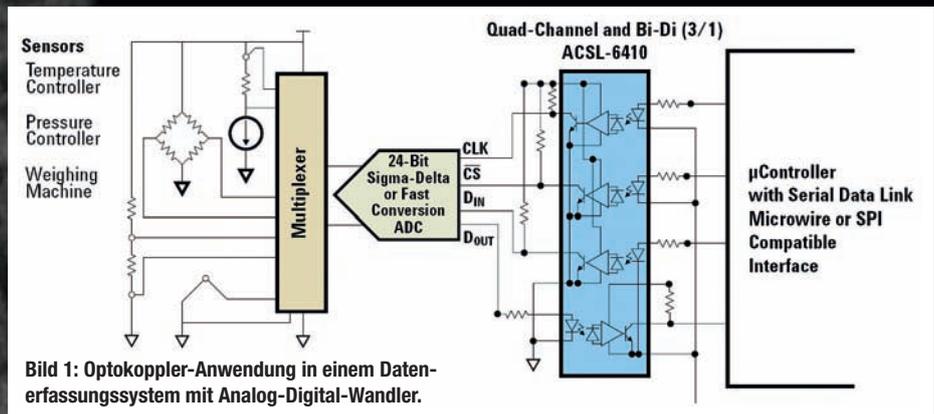


Bild 1: Optokoppler-Anwendung in einem Datenerfassungssystem mit Analog-Digital-Wandler.

teil zu verbinden, nutzt I<sup>2</sup>C eine Sieben-Bit-Adresse über die Adressleitungen SDA und SCL, um die Bauteileauswahl zu initiieren.

### Galvanische Trennung

Gibt es Unterschiede bei den Massepotenzialen, kann transientes Signalrauschen entstehen, das Datenintegrationsprobleme heraufbeschwört. Außerdem können durch Masseschleifen Sicherheitsprobleme entstehen, die Kurzschlüsse oder mögliche Stromüberschläge beim Benutzer erzeugen könnten. Optokoppler lösen dieses Problem durch eine galvanische Trennung zwischen Master und Slave. Wie in Bild 2 gezeigt, reichen zwei übliche einkanalige Optokoppler wie der HCPL-181 oder 4N35 aus, um eine galvanische Trennung bei fünf bis 50 Kilohertz zu erzielen. Ein Kanal ist für das Senden zuständig, der andere für den Empfang. Beispiele für Anwendungen mit niedrigen Geschwindigkeiten sind Fernsteuerungen von Haushaltsgeräten, Lichtdimmern oder Fernsehgeräten sowie Zugangssysteme, Sicherheitssysteme oder Datenerfassung.

Designs mit Geschwindigkeiten von 100 Kilohertz bis 3,5 Megahertz benötigen hingegen schnellere Optokoppler, etwa den einkanaligen Zehn-Megabaud-Optokoppler HCPL-060L. Dieser Chip ist ein Koppler mit offenem Kollektor-Ausgang, er liefert eine hohe Gleichtaktunterdrückung (Common Mode Rejection, CMR) bis zu 15 Kilovolt pro Mikrosekunde bei einer Gleichtaktspannung (Common Mode Voltage, VCM) von einem Kilovolt. Er arbeitet bei einer niedrigen Arbeitsspannung zwischen 2,7 und 3,6 Volt und wird in einer zweikanaligen Version in einem SO-8-Gehäuse geliefert. Hier arbeitet ein einkanaliger HCPL-060L im Sendekanal, der zweite HCPL-060L im Empfangskanal.

Heute wird der Zehn-Megabaud-Koppler in einem Niedrigspannungs-Small-Outline-Gehäuse mit fünf Pins (SO5) produziert. Das neue Produkt, der ACPL-M60L, wurde für Hochgeschwindigkeitsapplikationen entwickelt wie Power over Ethernet (PoE), Lei- →

## Auf einen Blick

### Sicherheitsgewinn

Der Einsatz eines modernen Optokopplers spart dem Ingenieur viel Kopfzerbrechen. Die galvanische Trennung wirkt gegen transientes Signalrauschen, Übersprechen und vor allem Masseschleifen. Nebenbei schützen die Chips vor gefährlichen Spannungsspitzen. Dank Multikanal-Ausführungen ist auch der bidirektionale I<sup>2</sup>C-Bus sehr einfach und platzsparend mit diesem Feature ausrüstbar.

**i** infoDIREKT [www.elektronikjournal.de](http://www.elektronikjournal.de)  
 Link zu Avago

503ej1109

**✓ VORTEIL** Mit den passenden Optokopplern arbeitet jede Variante des I<sup>2</sup>C-Busses sicher und stabil.

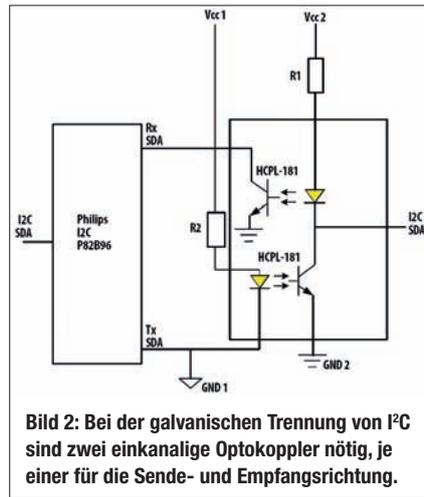
Bild: Fotolia, oly

stungssteuerungsmodulen in Telekommunikations-Basisstationen sowie Datenerfassungsanwendungen in Temperaturregelungen, Drucksteuerungen und Wiegemaschinen.

Zusätzlich zum Hauptvorteil der Signaltrennung in verrauschten Umgebungen bieten Optokoppler eine sichere Isolation bei hohen Spannungen. Das schützt vor gefährlichen Hochspannungsüberschlägen, besonders in empfindlichen Geräten, etwa in Patientenmonitoren. Die drei wichtigsten internationalen Sicherheitsstandards dazu sind: International Electrotechnical Commission 60747-5-5 (IEC/EN/DIN EN 60747-5-2), die Underwriters Laboratories 1577 (UL 1577) und die Standards der CSA (Canadian Standards Association). Optokoppler bieten sowohl Grundschutz als auch verbesserte Isolation (höhere Schutzwerte gegen lebensgefährdende Spannungen). Außerdem sind sie immun gegen elektromagnetische Störungen (EMI), die durch Abstrahlungen der Kupferleitungen auf Platinen entstehen.

### Erfolgsgeschichte

Seit mehr als 20 Jahren erzielt die Weiterentwicklung der optischen Isolationstechnologie Erfolge und spielt eine wichtige Rolle auf dem Halbleitermarkt. Es wurden viele Prozesse entwickelt, um eine Leuchtdiode zusammen mit einem Fotodetektor auf einem einzigen Chip zu integrieren. So wurden zum Beispiel 300 und 400 mil DIP-Gehäuse, Small-Outline (SO) SMT-Gehäuse mit fünf, acht und 16 Anschlüssen zum Standard der Optokopplerindustrie. Die Technologie bewegt sich in Richtung der kleineren Gehäuse, um Platz zu sparen und das Design zu vereinfachen. Der kürzlich patentierte Produktionsprozess von Avago Technologies – die Schichtung von LED auf Silikon-Substrat – ermöglicht eine höhere



**Bild 2:** Bei der galvanischen Trennung von I<sup>2</sup>C sind zwei einkanalige Optokoppler nötig, je einer für die Sende- und Empfangsrichtung.

Integration in monolithischen IC-Gehäusen. Dieser neue Prozess machte die Herstellung von mehrkanaligen (bis zu vier Kanälen) Kopplern mit bidirektionaler Konfiguration in einem einzelnen SO-8- und SO-16-Gehäuse möglich (Bild 3).

Zur Zeit zeigt sich ein verstärkter Trend zu Gehäusen mit Kriech- und Luftstrecken (C/C) von acht Millimetern für verstärkte oder sichere Isolation bei einer Arbeitsspannung von bis zu 250 Volt RMS. Equipment-Standards, die vom IEC bestimmt werden wie IEC60950 (regelt Büromaschinen und Datenverarbeitung) oder IEC60204 (regelt Industriesteuerungen) erfordern Optokoppler, die einem C/C von acht Millimetern entsprechen müssen,

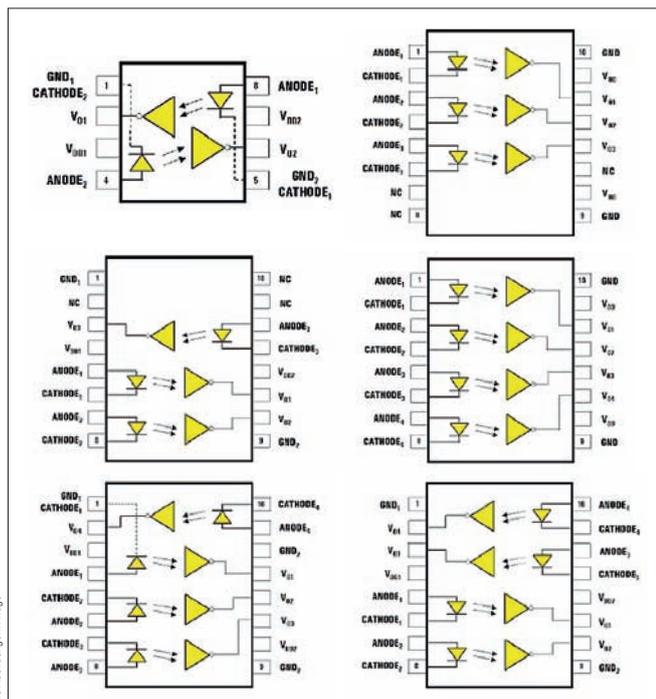
um in den Designs eingesetzt werden zu dürfen. Medizinische Standards wie IEC60601-1 Revision 3 wurden umformuliert, um einen größeren Abstand durch die Isolation (DTI) von 0,08 Millimeter auf 0,4 Millimeter zu integrieren.

Die Gehäuse von Optokopplern haben sich auf vielfältige Weise verändert. Gleichzeitig hat sich der Markt entwickelt in Richtung zehn Megabaud und höher sowie niedrigerer Arbeitsspannung bei 3,3 Volt für energiesparende Geräte und extremen Temperaturbereichen (-40 bis +100 Grad Celsius und höher). Auch werden immer häufiger hohe CMR-Werte gefordert, damit die Datenintegrität auch in verrauschten Umgebungen sichergestellt ist. Die neuen Multikanal-Optokoppler oder die Serie ACSL-6xxx entsprechen diesen Markttrends.

### Fast-Speed-Applikationen

Der System Management Bus SMBus wird in Telekommunikations- und Ethernet-Infrastrukturen eingesetzt, zum Beispiel in Leistungs- und Steuermodulen. In einem typischen SMBus können drei HCPL-060L-Koppler (SDA, SCL und INT) oder ein einzelner 15-Megabaud-Multikanal-Koppler ACSL-6310 eingesetzt werden, um transientes Signalrauschen vom Hot-Swap-Controller und dem Power-Supply-Manager zu isolieren. Die typische Stromquelle (PSE) einer PoE-Applikation (Power over Ethernet) nutzt dagegen einen einzelnen Multikanal-Optokoppler ACSL-6420 (zwei Vorwärts- und Rückwärts-Kanäle), um den I<sup>2</sup>C-Adressbus von der 48-Volt-Spannungsquelle galvanisch zu trennen. In einem typischen Datenerfassungssystem (siehe ADC- oder DAC-Blockdiagramm in Bild 1) sorgt ein Einzelchip (ACSL-6410) für die Trennung von ADC-Logik-IC und Mikrocontroller.

Obwohl es viele synchrone Interfaces auf dem Markt gibt, darf der I<sup>2</sup>C von Philips als übergeordnetes System gelten. Der I<sup>2</sup>C-Bus ist die optimale Lösung, wenn viele periphere Bausteine auf einer Busleitung über eine einfache zweiadrigte Adressprotokollleitung verbunden werden sollen. Wegen des weit verbreiteten Einsatzes gibt es viele I<sup>2</sup>C-Applikationen, die eine galvanische Trennung erfordern. Optokoppler mit hoher Qualität und Zuverlässigkeit liefern die erforderliche Entkopplung, die störendes Masseschleifenrauschen verhindert. Außerdem schützt ein Optokoppler vor hohen Spannungen, wegen seiner wichtigen Rolle muss er für höchste Isolationssicherheit zertifiziert sein. (lei)



**Bild 3:** Die sechs Funktionsdiagramme der neuesten Multikanal-Optokoppler von Avago zeigen, welche Variante für verschiedene Einsatzszenarien dem Entwickler zur Verfügung stehen.



**Der Autor:** Thomas C. T. Sng ist Product Marketing Manager bei Avago Technologies in San Jose, Kalifornien