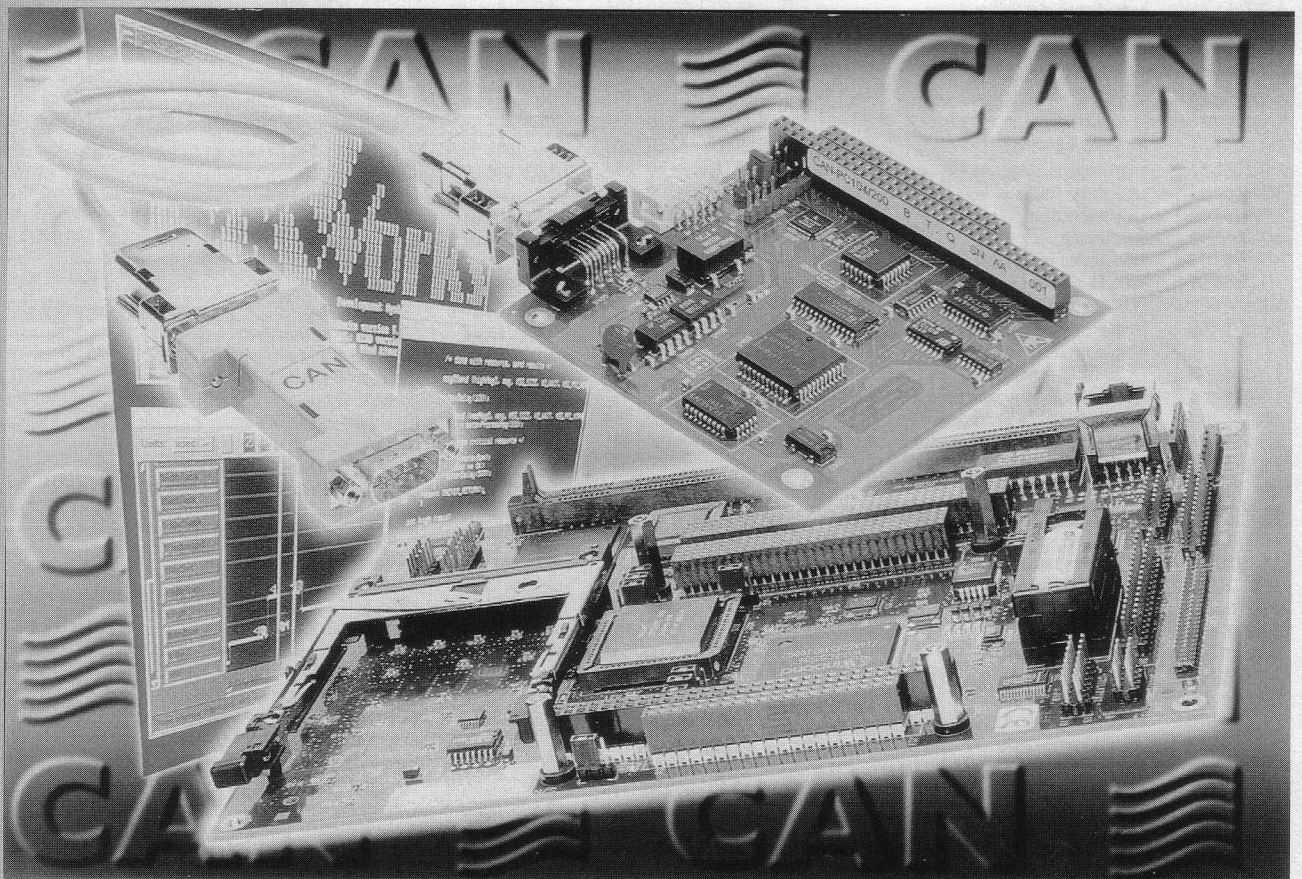


Der CAN-Bus

Intelligente, dezentrale Datenkommunikation für den Praktiker (Teil 1)

CAN, Profibus, LON, ASI, Interbus-S, Bitbus, FIP, EIB, eBUS – der Siegeszug der vernetzten Kommunikationssysteme (Feldbussysteme) in der Industrie ist nicht mehr aufzuhalten.

Ausgereifte Technik, Protokollimplementierungen in "Silizium" (-Chips), sinkende Preise und einfache Handhabung machen die Feldbustechnik mittlerweile aber auch für den "engagierten Praktiker" außerhalb der Industrie zu einem interessanten Thema. In dieser kleinen Artikelserie wird die CAN-Bus-Technik einfach, anschaulich und praxisnah vorgestellt. Nach den Grundlagen im ersten Teil werden in weiteren Folgen ein universelles CAN-Bus-Interface für Mikrocontrollersysteme und die Anwendung in einem sehr einfachen CAN-Bus-Netzwerk beschrieben.



Im ersten Teil wird kurz auf die Geschichte und die Normung des CAN-Busses eingegangen und danach werden die wichtigsten Kenndaten der Busankopplung (Physical Layer) erläutert.

Im zweiten Teil wird das Datenübertragungsprotokoll (Data Link Layer) erklärt und tabellarisch die CAN-Bausteine einiger Hersteller kurz aufgeführt. Danach geht es in die Schaltungspraxis: Es wird ein universell einsetzbares CAN-Bus-Interface, vorgestellt, das eine Vielzahl von Mikrocontroller- bzw. Mikroprozessor-Systemen CAN-Bus-tauglich macht. Der Aufbau, die Programmierung und der Betrieb eines kleinen CAN-Netzwerkes mit PCs und Mikrocontroller-Karten wird im dritten Teil dieser Serie vorgestellt

DIE CAN-ENTWICKLUNG

Anfang der 90er Jahre kristallisierten sich für die internationale Automobilindustrie zwei zentrale Problemfelder für zukünftige Weiterentwicklungen auf den Gebieten der PKW- und der LKW-Technik heraus: Der geforderte Komfort in den Fahrzeugen stieg ständig weiter an: über elektronische Scheibenheber, Sitz- und Spiegelverstellungen, Sitzheizungen, elektrische Klimaanlage bis hin zu audio-visuellen Darbietungen und GPS-Leitsystemen forderte der Markt ein immer breiteres Spektrum an "Bequemlichkeits-Produkten". Auf der anderen Seite ist natürlich auch das Sicherheitsdenken auf Seiten der Benutzer stark angestiegen und die dazu notwendigen Systemerweiterungen reichen heute von elektronischer Zentralverriegelung, Wegfahrsperrern, ABS-Komponenten bis hin zu einem ökonomischen und ökologischen Motormanagement.

Die unausweichlichen Folgen aus dieser "Elektronifizierung" der Kraftfahrzeuge sind ein sprunghaft angestiegener Kommunikationsbedarf zwischen den einzelnen intelligenten Einheiten innerhalb des Chassis: im Jahre 2005 werden bis zu 100 einzelne Mikrocontroller unter dem "Blech" ihren Dienst verrichten, die dann miteinander Daten austauschen müssen. Die Anzahl der Kommunikationspfade (auf gut deutsch: der Kabelbaum im Fahrzeug) muß daher stark ausgebaut werden: in den heutigen Wagen der Oberklasse sind Gesamtkabellängen von bis zu 2.000 m mit einem Gewicht von bis zu 100 kg installiert und für die unterschiedlichen Modellreihen eines Herstellers müssen bis zu 600 verschiedene Kabelbaumtypen gefertigt werden. Das Ende der noch mit wirtschaftlich sinnvollem Aufwand realisierbaren traditionellen Verkabelungstechnik ist damit erreicht.

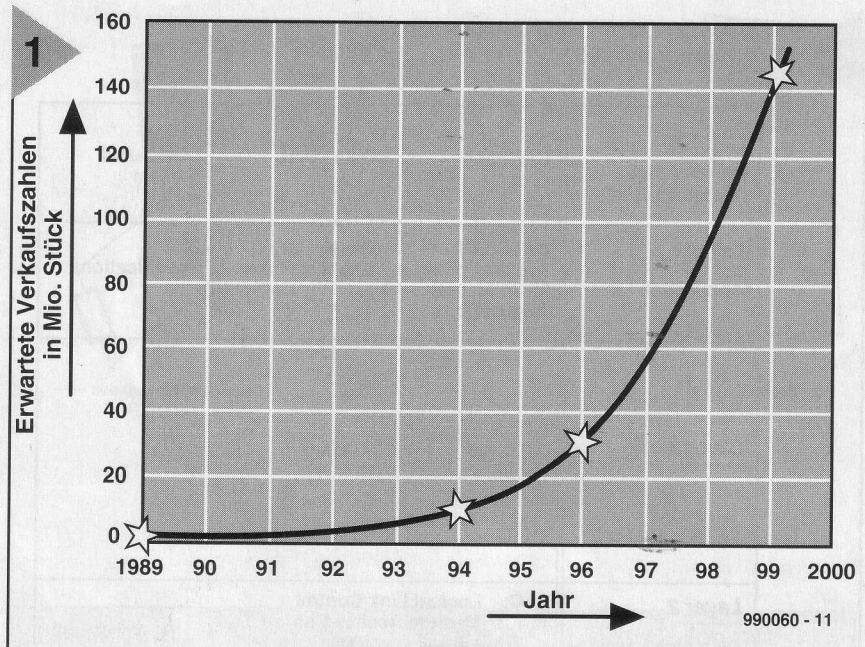


Bild 1. Absatzprognose für CAN-Chips [1]

Die Automobilindustrie, vor allem die deutsche, französische und US-amerikanische, begann daher nach neuen, modernen Kommunikationskonzepten zu suchen und fand die Bustechnik, die jedoch den speziellen Anforderungen der Kraftfahrzeugtechnik gerecht werden mußte:

- ⇨ Nieder- und Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung im Bereich von 5 kBit/s bis 1 MBit/s für Komfort- und Sicherheitselektronik,
- ⇨ sehr fehlersichere Datenübertragung mit einer Hamming-Distanz (HD) größer 4,
- ⇨ optimiert für den Transfer von sehr kleinen Datenmengen, wie sie typischerweise bei Sensor-/Aktoranwendungen auftreten, d.h. Nutzdatenumfang pro Telegramm: 0 – 8 Bytes,
- ⇨ einfach zu handhabende und sehr preisgünstige Protokollbausteine aufgrund einer Massenproduktion,
- ⇨ einfachster Busaufbau (Busmedien, Bustopologie) zur Integration in das Chassis.

Aber leider entwickelte hierzu jeder große Automobilkonzern sein eigenes Buskonzept (natürlich nicht kompatibel bei den Realisierungen der anderen Mitbewerber) und man versuchte dann diesen "Hausstandard" international durchzusetzen, d.h. man war bestrebt, das jeweilige Konzept in eine internationale Norm umzusetzen, um sich selbst mit dem Bussystem ganz klare wirtschaftliche Vorteile zu sichern.

Jedoch ließ sich nicht alles problemlos standardisieren. Übrig geblieben sind im wesentlichen nur vier maßgebliche

Realisierungen: CAN (Controller Area Network) in der Low- und High-Speed-Version, VAN, J1850 SCP und J1850 DLC, [1].

Das zwar bereits genormte VAN-Konzept und viele andere herstellerspezifische, nicht genormte Entwürfe wurden jedoch Anfang bis Mitte der 90er Jahre zugunsten von CAN aufgegeben, so daß CAN heute der weltweite Marktführer auf dem Gebiet der "Automobil-Busse" ist.

In der "Auto-Realität" wurde CAN als Low- und High-Speed-Datenübertragungssystem ab 1992 zunächst in den PKWs der Oberklasse von Mercedes (S-Klasse) eingesetzt. BMW, Porsche und Jaguar folgten und heute setzen auch VW, Renault, Fiat, etc. den CAN-Bus in ihren Mittelklasse-Wagen ein. Fast gleichzeitig entdeckte aber auch die "normale" Industrie, speziell die Automatisierungs- und Produktionsbranche, die bereits aufgeführten Vorteile eines Automobil-Busses, insbesondere des CAN-Konzeptes, für das Messen, Steuern und Regeln und so findet man diesen Bus heute als universelles Kommunikationsrückgrad in SPS-Systemen, Roboter- und Motorsteuerungen, in der Gebäudesystemtechnik, in Aufzugsteuerungen, in der Laborautomatisierung, in Sensor-/Aktor-Systemen und so weiter wieder. Da mittlerweile das CAN-Protokoll "in Silizium gegossen", d.h. in Chip-Form verfügbar ist, braucht sich der Anwender gar nicht mehr um irgendwelche Feinheiten der Kommunikation zu kümmern: CAN-Chips werden einfach als intelligente Peripherie-Bausteine in ein bestehendes oder neu zu entwickelndes Mikrocontroller-System integriert und fertig ist das

Layer 8 Anwendung: "Gerät am Bus"	CANopen	DeviceNet	Smart Distributed System (SDS)
Layer 7 "Application Layer"	CAL: CAN Application layer for industrial Applications	DeviceNet Specifications	SDS Specifications
Layer 3 - 6	Leer !!		
Layer 2 "Data Link Layer"	LLC: Logical Link Control MAC: Medium Access Control gem. ISO 11898 Ergebnis: CAN 2.0 A } Spezifikationen CAN 2.0 B }		
Layer 1 "Physical Layer"	"Low-Speed CAN" ISO 11519-2	"High-Speed CAN" ISO 11898	

990060 - 12

**Bild 2. Der CAN-Bus
im ISO/OSI-Schichten-
modell**

CAN-Produkt. Diese Eigenschaft der fast problemlosen Handhabbarkeit und die sinkenden CAN-Chip-Preise machen den CAN-Bus auch für den nicht-industriellen Praktiker hochinteressant, wenn es darum geht, kleine, dezentrale Kommunikationsnetze (Feldbussysteme) aufzubauen. **Bild 1** zeigt die für sich sprechenden, prognostizierten Entwicklungszahlen für den weltweiten Einsatz von CAN-Chips, wobei als Kosten für einen kompletten CAN-Knoten von den Halbleiterherstellern die 1 US\$-Marke angestrebt wird.

DIE NORMUNG

Versucht man die Struktur eines Kommunikationssystems allgemeingültig festzulegen, so ist es sinnvoll, sich zunächst einmal mindestens über vier grundlegende Punkte Klarheit zu verschaffen und diese dann in entsprechende Normen "zu gießen":

- ☞ Wie sollen die einzelnen Teilnehmer des Kommunikationsnetzes physikalisch (elektrisch, logisch) an diesem Netzwerk angeordnet sein? Wie sieht also die Topologie des Netzwerkes aus?
- ☞ Wie sollen die Daten auf dem Datenübertragungsmedium (Kabel, Lichtwellenleiter, "Luft" für Funk- und Infrarot-Datenübertra-

gung) aufgekoppelt und übertragen werden? Wie sind also Signalpegel, Steckerbelegungen, etc. zu definieren?

- ☞ Wie sehen die Regeln für den Datenaustausch zwischen den Teilnehmern aus? Wie sollen Datenübertragungsfehler vermieden, erkannt, korrigiert werden? Wie ist also das Datenübertragungsprotokoll zu gestalten?
- ☞ Wie erfolgt der Zugriff auf das Datenübertragungsmedium durch sendewillige Teilnehmer? Wie werden Konflikte gelöst, wenn mehrere Stationen gleichzeitig etwas aussenden wollen?

Hierbei geht es also um den Zugriff auf das Datenübertragungsmedium, um die sogenannte Arbitrierung. Für den reinen Empfangsfall ergeben sich in der Regel keinerlei Probleme: im Rahmen der Spezifikationen können fast beliebig viele Empfänger, am Datenübertragungsmedium angeschlossen, gleichzeitig problemlos alle Nachrichten abhören. Ganz generell gilt jedoch: in einem Kommunikationssystem dürfen zur selben Zeit nur ein einziger Sender, aber mehrere Empfänger aktiv sein.

Diese Punkte (und noch einige mehr) müssen also eindeutig festgelegt werden, wenn ein Kommunikationssy-

stem sinnvoll eingesetzt werden und internationale Anerkennung finden soll. Daher begann Anfang der 90er Jahre die International Standardization Organization (ISO) mit der weltweiten Normung der Automobil-Busse, wobei der CAN-Bus nach und nach eine immer stärkere Position einnahm.

Die Grundlage für die Normungsaktivitäten auf dem riesigen Gebiet der offenen, herstellernerutralen Datenkommunikation ist das 7-schichtige ISO/OSI-Referenzmodell, [2]. Bei den Feldbussystemen, zu denen auch die Auto-Busse zählen, bleiben i.a. die Layer (Schichten) 3 bis 6 leer, so daß für den CAN-Bus nur die Layer 1, 2 und 7 näher spezifiziert wurden (**Bild 2**):

Layer 1: Physical Layer

(Datenübertragungsmedium). Hier erfolgen die Festlegungen für das Datenübertragungsmedium (i.a. das Buskabel), für die Steckverbinder, für die Datenübertragungspegel und für die Sende- und Empfangsbausteine. Die zwei entsprechenden CAN-Normen hierzu sind:

ISO11519-2: Low-Speed-CAN. Die Grundlage hierfür bildete eine Entwicklung, die die Firma Bosch Anfang der 80er Jahre in Deutschland begonnen hatte und die mit starker Unterstützung von INTEL (Umsetzung des Protokolls in Hardware-Chips) fortgeführt wurde. Low-Speed bedeutet hierbei, das Datenübertragungsraten von 5 kBit/s bis 125 kBit/s möglich sind.

ISO11898: High-Speed-CAN. Hierbei werden nun Datenübertragungsraten bis zu 1 MBit/s unterstützt.

Layer 2: Data Link Layer

(Buszugriff und Fehlererkennung) Auf dieser Schicht wird festgelegt, wie (bei einem Sendewunsch) auf das Datenübertragungsmedium zugegriffen wird, wie ein Nachrichtentelegramm aufgebaut ist (Adreß-, Daten-, Steuer- und Fehlersicherungs-Felder) und wie das Datenübertragungsprotokoll strukturiert ist

Die Festlegungen hierzu sind ebenfalls in der ISO11898 zu finden.

Daneben wurden die CAN-Spezifikationen 1991 auf dem Layer 2 noch erweitert, so daß man heute aktuell von den beiden parallel existierenden Versionen CAN 2.0A und CAN 2.0B spricht, deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede im zweiten Teil noch näher erläutert werden.

Da sich das CAN-Konzept mittlerweile auf sehr vielen anderen Industriegebieten durchgesetzt hat, sieht die Situation auf dem Application Layer (Layer 7) vielfältig und etwas unübersichtlich aus, denn dieser Layer bildet ja die