

Bild 1: Diagramm der Arcnet-Übertragungssätze

peln von Steuerungen in Echtzeitanwendungen sind folgende Problemkreise zu betrachten:

Das Verbindungskonzept

- Netzwerktopologie
- Übertragungsmedium
- Störsicherheit
- Ausfallsicherheit
- Teilnehmerprioritäten

Der Datendurchsatz

- erzielbare Nettodatenrate
- Wartezeit bis zum Verbindungsaufbau
- Zugriffsdauer
- Transparenz der Datenstruktur

- Integration der Datensicherheit
- Möglichkeiten der Teilnehmeradressierung

Die Netzwerkrealisierung

- bestehende Erfahrungen
- Netzwerkkosten
- Anschlußkosten
- Bausteinverfügbarkeit
- Bausteinkosten
- Komplexität des Interfaces zur Steuerung
- Einfluß auf den Softwareaufwand

Zugriffsverfahren bei Lokalen Netzwerken

Die wichtigsten gebräuchlichen Netzwerkprotokolle sind in zwei Gruppen einteilbar nach dem Zugriffsverfahren der Teilnehmer (Knoten) auf das Netz.

Kollisionsbehafteter Zugriff

Nach diesem Netzwerkprotokoll, das auch als CSMA/CD (Carrier Sense multiple Access/Collision Detect) bezeichnet wird, hat jeder Knoten dann Zugang zum Netz,

wenn das Übertragungsmedium frei ist. Dies wird durch den Netzwerk-Controller überwacht. Die bei gleichzeitigem Zugriff zweier Teilnehmer auftretenden Kollisionen werden dadurch gelöst, daß die Übertragung nach Ablauf unterschiedlicher Wartezeiten wiederholt wird. Die Zugriffszeiten können hier nur durch statistische Methoden ermittelt werden; eine für Echtzeitanwendungen erwünschte Zugriffsgarantie innerhalb einer definierten Zeitspanne ist nicht möglich. Eine weitere Problematik ergibt sich dadurch, daß die Übertragung einer Nachricht noch keine aktive Bestätigung des richtigen Empfangs durch den anderen Teilnehmer beinhaltet.

Vertreter des CSMA-Protokolls sind z.B. Ethernet (DEC, Intel, Xerox) oder Omnet (Corvus).

Kollisionsfreier Zugriff

Die Netzwerkkontrolle erfolgt hier mit Hilfe eines „Tokens“ (Staffette), eines speziellen Bitmusters, das von Teilnehmer zu Teilnehmer weitergegeben wird. Das Protokoll wird deshalb mit „Token Passing“ oder „Zugriffsteuerung durch zyklische Senderechts-Weitergabe“ bezeichnet. Bei Erhalt des Tokens kann der Teilnehmer (Knoten) mit einem beliebigen anderen Knoten in Verbindung treten. Nach Ende der Übertragung, oder wenn keine Sendeanforderung vorliegt, wird der Token zum nächsten Knoten weitergege-

ben. In einem modifizierten Verfahren umfaßt das Netzwerkprotokoll auch eine aktive Empfangsquittung. Die Zugriffszeiten sind berechenbar und hängen von der Zahl

Historisches

Bereits Mitte der siebziger Jahre wurde von Datapoint, einem Hersteller von Computersystemen für die verteilte Informationsverarbeitung, eine Netzwerktechnologie entwickelt, die, über verschiedene Generationen hinweg, zu ARC führte. Arcnet und ARC (Attached Resource Computer) sind eingetragene Warenzeichen für das erste funktionsfähige lokale Netz, welches seit 1977 mittlerweile weltweit in rd. 6000 Installationen eingesetzt wird. Während die Bezeichnung „ARC“ für das gesamte Paket an Softwareprodukten und Hardwaretechnik von Datapoint steht, bezeichnet Arcnet die Hardwarebasis allein, die Datapoint nun für den allgemeinen Vertrieb auch an Hersteller anderer Computersysteme freigegeben hat. Der von SMC (Standard Microsystems Corp.) ursprünglich exklusiv für Datapoint entwickelte und produzierte Chipsatz als Grundlage zur Realisierung eines Token-Passing-Netzwerks auf Arcnet-Basis ist nun frei verfügbar.

der Teilnehmer und der Länge der übertragenen Nachrichtenpakete ab.

Zur Gruppe der Token-Passing-LAN gehören u.a. die Netzwerk-Implementationen PLANET (Racal-Milgo), Omnilink (Northern Telecom) oder Arcnet (Datapoint).

Die Netzstruktur kann durchaus unterschiedlich sein. Während die logische Netzwerktechnologie die eines Ringes ist, kann die physikalische Struktur ebenfalls als Ring realisiert sein, wie z.B. im IBM SDLC-Loop-Netz. Es sind jedoch auch Bus-, Stern- oder kombinierte Bus-/Stern-Topologien realisiert.

Auswahl eines LAN-Konzepts

Der Großteil von Industrieapplikationen fordert einen Datentransfer in Quasi-Echtzeit, d.h. innerhalb einer garantierten max. Zeitspanne. Aufgrund dieser Forderung scheidet bereits alle CSMA-Protokolle aus. Die aufgestellten Auswahlkriterien sind somit nur noch auf die Gruppe der Token-Passing-LAN anzuwenden.

Während der Durchführung eines Auftrags zur Entwicklung eines geeigneten Schnittstellenkonzepts zur Verbindung verschiedener vorhandener industrieller Steuerungskomponenten unterschiedlicher Schaltungstechnologien zu einem Gesamtsystem wurde diese Auswahl auf die Applikation bezogen durchgeführt. Als das für diesen Anwendungsfall am besten geeignete Konzept wurde schließlich das Token-Passing-Netzwerk ARC von Datapoint ausgewählt, welches im folgenden eingehender beschrieben werden soll.

Das Arcnet-Protokoll

Das Arcnet-Protokoll basiert auf fünf Typen von Übertragungssätzen. Mit diesen Übertragungssätzen wird von den Arcnet-Controllern automatisch ohne Zutun des jeweiligen Mikroprozessorsy-

Jeder hochauflösende A/D-Wandler nach dem SAR-Prinzip ist völlig überfordert, wenn die zu verarbeitenden Signale schneller als 1 Hz sind.

Alles was über 1 Hz hinausgeht, kann nur digitalisiert werden, wenn dem Wandler ein ebenso präziser „Track and Hold“-Verstärker vorgeschaltet ist: Er hält das Signal für die Dauer des Wandelvorgangs fest.

Der neue AD 389 von Analog Devices ist genau dafür ausgelegt: Mit einem internen Halte-Kondensator ausgestattet und für 14-Bit-Aufgaben spezifiziert, ist er der erste hybride T/H-Verstärker im DIL-Gehäuse und die ideale Ergänzung zu unseren 14-Bit-Wandlern wie AD ADC 71/72 oder ADC 1140.

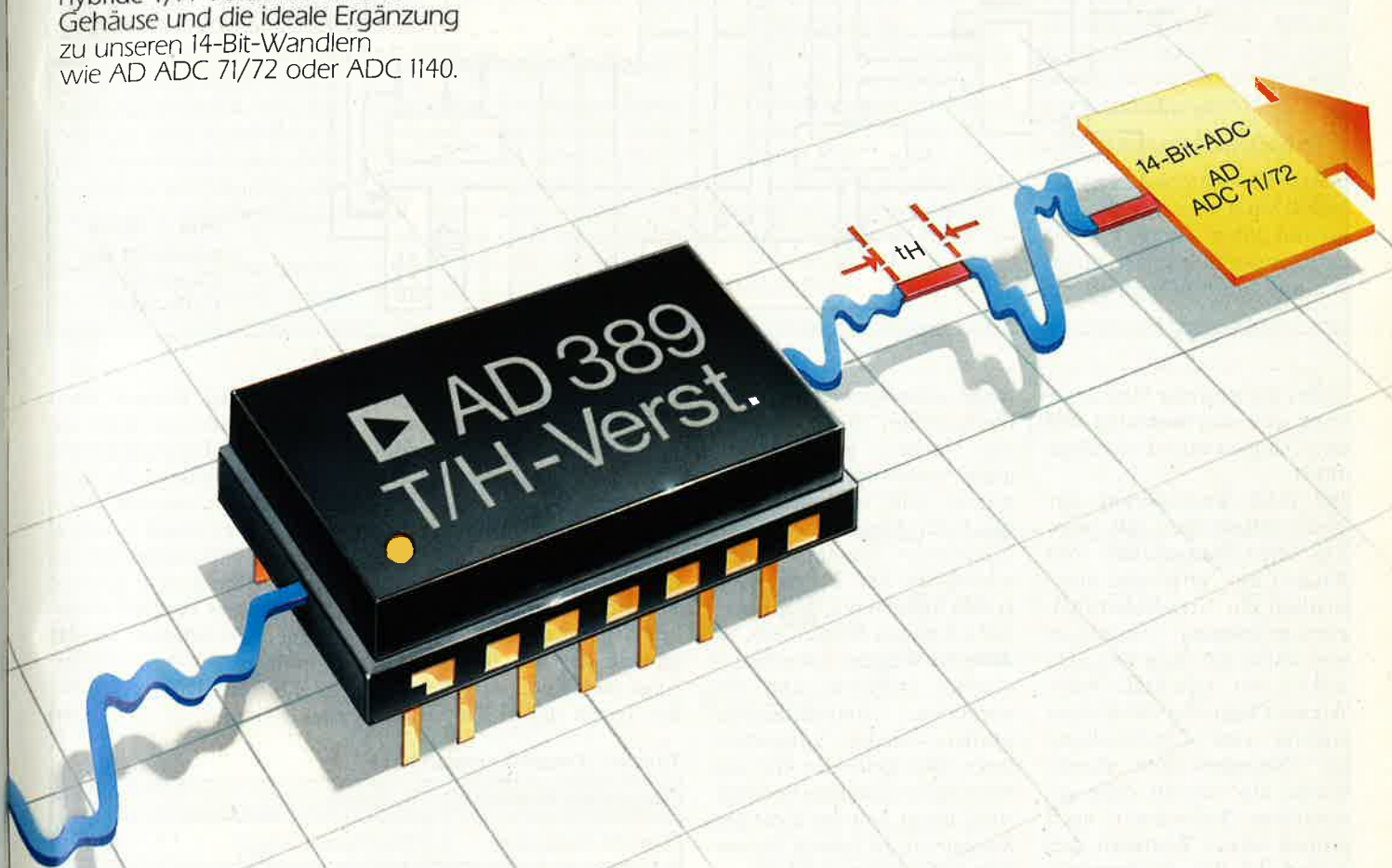
Auch alle anderen Daten sprechen für ihn:

Meßwerterfassungszeit 2,5 μ s
 Driftrate 0,1 μ V/ μ s
 Öffnungszeit 400 ps
 Leistungsaufnahme 300 mW

▶ ANALOG DEVICES

Fragen Sie AD –

wenn Sie Ihrem hochauflösenden Wandler den adäquaten Partner zur Seite stellen wollen. Wir schicken Ihnen das ausführliche Datenblatt.



**Hybrider Track and Hold:
 So präzise, wie es Ihr 14-Bit-ADC
 braucht**

Analog Devices GmbH, Edelsbergstraße 8, 8000 München 21, Tel. (089) 57005-0, Tlx. 523 712

Technische Büros und Vertretungen: 1000 Berlin, Tel. (030) 3164 41, Tlx. 183 326

2110 Buchholz/Hmbg., Tel. (04187) 3 81, Tlx. 2189375 · 5000 Köln, Tel. (0221) 6860 06 · 7500 Karlsruhe, Tel. (0721) 6160 75, Tlx. 7825 871

A-1090 Wien, Tel. (0222) 23 55 55-0, Tlx. 134 759 · CH-1201 Genf, Tel. (022) 31 57 60, Tlx. 2 89 096

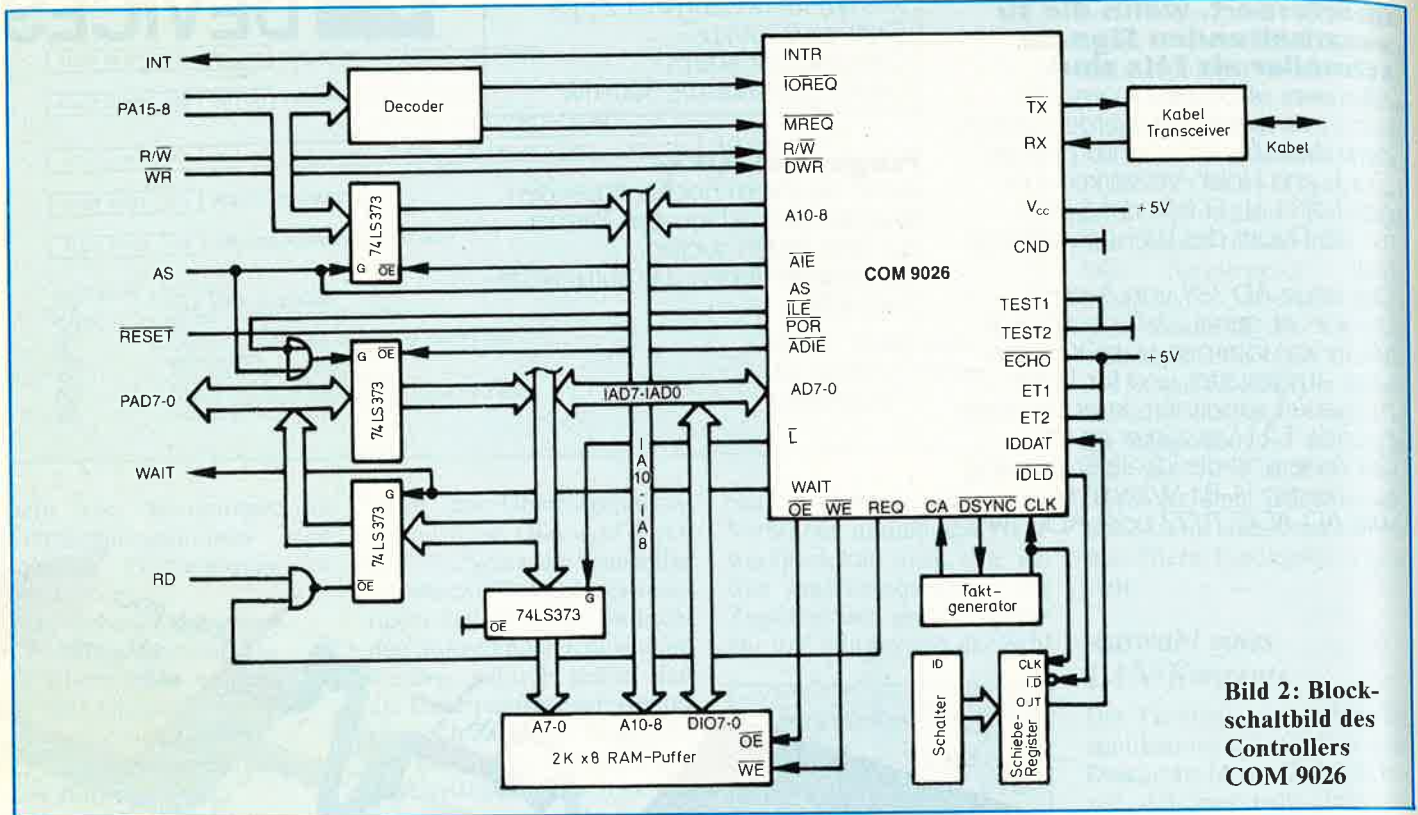


Bild 2: Blockschaltbild des Controllers COM 9026

stems die gesamte Netzsteuerung und -überwachung und der Datenaustausch durchgeführt.

Bei jeder Veränderung der Netzkonfiguration, z.B. beim Ein- oder Ausschalten von Knoten am Netz, wird automatisch ein Netz-Rekonfigurationsvorgang eingeleitet und dabei der Weg des „Tokens“ neu ermittelt. Jeder Arcnet-Controller führt dazu ständig eine Überwachung der Netzaktivitäten durch. Erhält ein neu ins Netz geschalteter Teilnehmer nach Ablauf seiner Wartezeit den Token, d.h. das „Senderecht“, nicht oder ist der Token durch Abschalten eines Teilnehmers vom Netz verlorengegangen, was sich durch Fehlen der Netzaktivitäten für eine gewisse Zeit bemerkbar macht, so wird durch einen „reconfiguration burst“, ein periodisches Bitmuster längerer Dauer, die Rekonfigurationsphase eingeleitet. Nach Ablauf einer von der eingestellten Teilnehmernummer abhängigen Wartezeit beginnt dann ein bestimmter Knoten mit dem Aussenden von Token mit so-

lange aufsteigender Teilnehmernummer, bis sein nächster Nachbar gefunden ist, dieser selbst den Token aufnimmt und seinerseits mit der Ermittlung des nächsten Nachbarn beginnt. Trifft schließlich der Token nach einem logischen Umlauf wieder am ersten Knoten ein, ist der neue Weg des Token automatisch ermittelt, und die normalen Netzaktivitäten werden wieder aufgenommen. Die Zeit, die für die Netzrekonfiguration benötigt wird, hängt von der Zahl der Knoten ab, ist jedoch in keinem Fall länger als 61 ms. Nach Ablauf der Netzrekonfigurationsphase wird der Datenaustausch mit folgenden fünf Übertragungssätzen gesteuert:

- ITT, „invitation to transmit“ (Senderecht-Weitergabe)
- FBE, „free buffer enquiry“ (Empfangspuffer bereit?)
- PAC, „data packet“ (Datenpaket variabler Länge)
- ACK, „acknowledge“ (Empfangsbestätigung)
- NAK, „negative Acknowledge“ (negative Empfangsbestätigung)

Die Senderecht-Weitergabe ITT, der „Token“, besteht aus einem Startburst, dem Zeichen EOT und der zweimal ausgegebenen Zieladresse DID (destination identifier). Ein nicht sendebereiter Knoten, der den Token erhalten hat, gibt diesen einfach durch ein weiteres ITT mit der Zieladresse des auf ihn logisch folgenden Knotens weiter. Ist der Token mit ITT an einen

sendebereiten Knoten übergeben worden, so muß zunächst die Empfangsbereitschaft des anderen Teilnehmers geprüft werden. Dies erfolgt durch einen Übertragungssatz FBE, bestehend dem Startburst, dem Zeichen ENQ und der zweimal ausgegebenen Zieladresse. Ist der Empfänger bereit, sendet dieser die Bestätigung ACK zurück. Daraufhin kann das

Tabelle: Arcnet-Kenndaten

Physikalische Netzstruktur:	Bus-System
Logische Netzstruktur:	Ring (Token-Umläufe)
Übertragungsmedium:	passiv, bidirektional Arcnet: RG62-Koaxialkabel andere: Zweidrahtleitung, Lichtleiter u.a.
Zugriffsverfahren:	modifizierte „Token Passing“-Zugriffssteuerung durch zyklische Senderecht-Weitergabe
Teilnehmeradressierung:	8 bit (max. 255 Teilnehmer) zusätzlich Globaladresse („broadcasting“)
Übertragungsgeschwindigkeit:	2,5 Mbit/s
Übertragungsverfahren:	seriell, asynchron (isochron), transparent paketweise Übermittlung, Paketlänge max. 508 Byte
Entfernung zwischen zwei Knoten:	max. 600 m bei Arcnet
ISO-Schichtenmodell:	Ebenen 1 und 2

Datenpaket übertragen werden. Der erfolgreiche Empfang der Daten muß ebenfalls mit ACK quittiert werden. Ist der andere Teilnehmer nicht empfangsbereit oder sind im Datenpaket Übertragungsfehler aufgetreten, so wird das dem Sender mit der negativen Bestätigung NAK angezeigt. Nach erfolgter oder versuchter Datenübertragung muß der aktive Knoten nun den Token mit dem Satz ITT an seinen logischen Nachbarn weitergeben; ein Wiederholen des Übertragungsversuchs kann allenfalls nach einem vollständigen Token-Umlauf stattfinden. Mit dem FBE-Satz wird sichergestellt, daß Datenpakete nur dann übertragen werden, wenn der Zielknoten empfangsbereit ist. Die Länge eines Datenpakets ist variabel. Es enthält neben

der Quellenadresse SID (source identifier) und der Zieladresse DID zwischen 1 und 508 Nutzbyte, die von einer Prüfsumme CRC abgesichert sind. Die Bildung und Prüfung des CRC wird vom Arcnet-Controller durchgeführt. Außer der Datenübertragung an individuelle, mit DID adressierte Knoten sind auch „Rundsendungen“ (broadcast) an alle Knoten möglich. Eine Empfangsquittung ist bei derartigen Rundsendungen jedoch nicht vorgesehen.

Das zeitliche Verhalten

Dank des deterministischen Token-Passing-Prinzips kann das zeitliche Verhalten einer Arcnet-Konfiguration recht gut abgeschätzt werden. Im folgenden sind beispielhaft einige typische Arcnet-Vorgänge dargestellt. Mit n wird

hierbei die Länge eines Datenpakets (in Byte) bezeichnet. Leitungslaufzeiten sind nicht berücksichtigt.

- einfache Tokenübergabe: $28,2 \mu\text{s}$
 - Tokenübergabe und Datenübertragung: $141,0 \mu\text{s} + n \cdot 4,4 \mu\text{s}$
 - Tokenübergabe und Senderversuch, Empfänger nicht bereit: $75,8 \mu\text{s}$
 - Tokenübergabe und Nachricht an alle: $77,0 \mu\text{s} + n \cdot 4,4 \mu\text{s}$
 - Tokenübergabe und Datenübertragung, keine Quittung vom Empfänger: $187,0 \mu\text{s} + n \cdot 4,4 \mu\text{s}$
 - Tokenübergabe zu einem nicht existierenden Knoten: $93,6 \mu\text{s}$
- Bei N Knoten ergeben sich beispielhaft folgende Werte:
- minimale Dauer eines Tokenumlaufs: $N \cdot 28,2 \mu\text{s}$
 - maximale Wartezeit,

wenn jeder Knoten einen Datenblock maximaler Länge sendet:
 $N \cdot 2376,2 \mu\text{s}$

Diese vom Netz her verfügbare Geschwindigkeit kann effektiv im Gesamtsystem jedoch nur dann erreicht werden, wenn das Interface zwischen Arcnet-Controller und dem Host-Rechner nicht durch zu großen Steueraufwand belastet wird, d.h., der erzielbare Nettodatendurchsatz wird in hohem Maße davon beeinflusst, wie effizient die Schnittstelle zum Mikroprozessorsystem von der Arcnet-Controller-Hardware her mit unterstützt wird.

Die Arcnet-Hardware

Weitere wichtige Kriterien zum Realisieren eines lokalen Netzwerks, nicht nur in Industrieanwendungen, sind der Bauteileaufwand und die

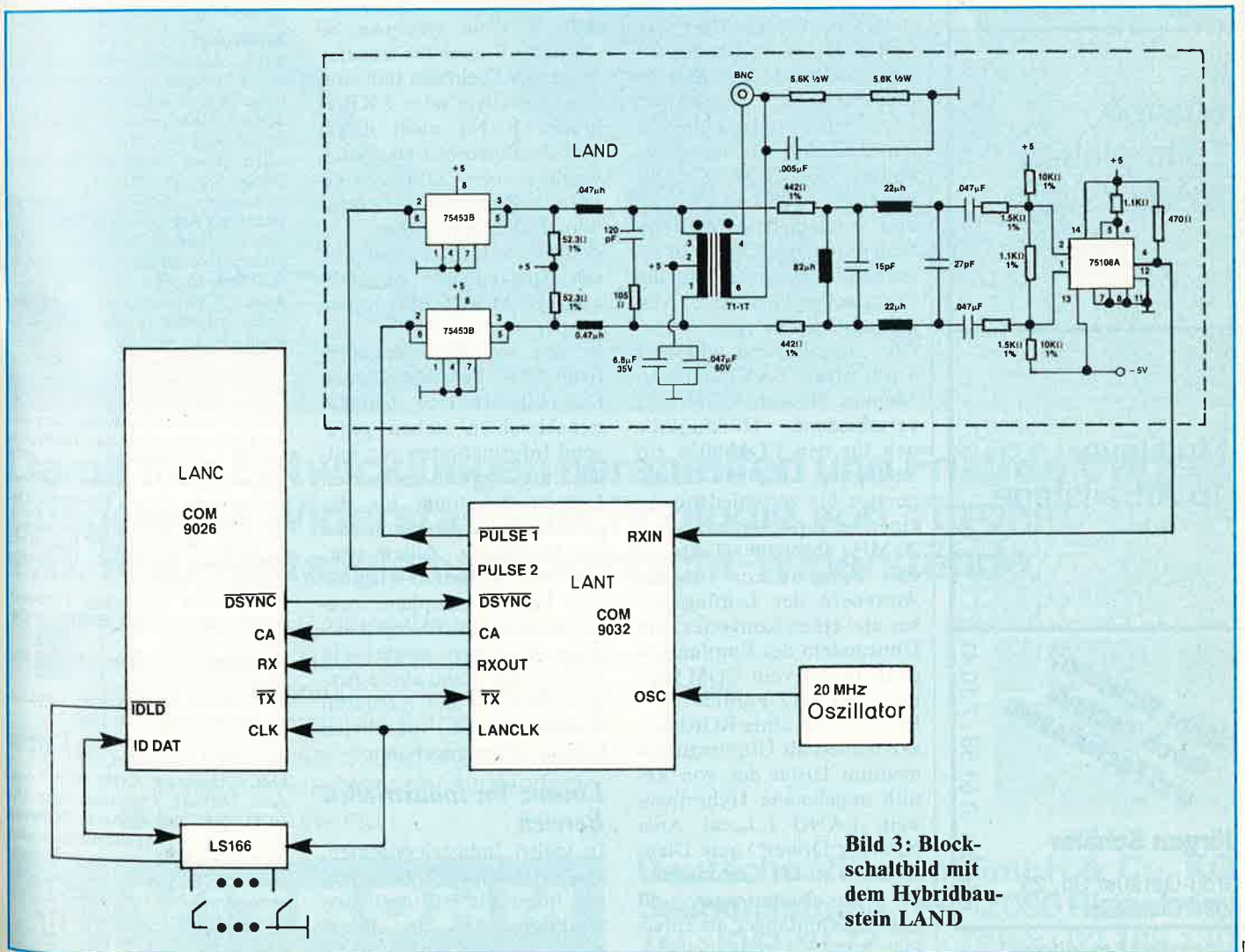


Bild 3: Blockschaltbild mit dem Hybridbaustein LAND

Jürgen Schäfer

Groß-Gerauer Str. 25
6086 Riedstadt

Telefon: 0 61 58 / 7 10 41

Vom
CAD-Layout
bis zur fertigen
Leiterplatte

CAD-Layouts
5 Arbeitstage

Muster-
Leiterplatten
5 Arbeitstage

Multilayer
15 Arbeitstage

Mehr Sicherheit
durch Technik
und Fachwissen.

Jürgen Schäfer

Groß-Gerauer Str. 25
6086 Riedstadt

Telefon: 0 61 58 / 7 10 41

▲ Leserdienst-Kennziffer 4

Lokale Netzwerke

Bauteileverfügbarkeit. Mit der Freigabe der beiden von SMC bereits seit 1981 gefertigten und an Datapoint gelieferten Schlüsselbausteine zur freien Verwendung vereinfacht sich nun diese Realisierung beträchtlich:

Der als „Local Area Network Controller“ LANC bezeichnete 40polige LSI-Baustein COM 9026 führt das vollständige Arcnet-Protokoll aus. Bei Eintritt eines Knotens ins Netz oder beim Austritt aus dem Netz wird wie beschrieben eine Rekonfigurierung durchgeführt, wobei die Knotenadressen des Token-Weges neu ermittelt werden. Der COM 9026 führt Adreßdecodierung und Fehlerüberwachung des übertragenen Datenpakets durch und verwaltet vier Sende- und Empfangspuffer mit insgesamt 2 KByte, die auch gleichzeitig die eigentliche Datenschnittstelle zum Prozessor hin darstellen. Die Aufgaben des Systemprozessors sind auf Bereitstellen der Sendedaten, Verarbeiten der Empfangsdaten, Reaktion auf Statusmeldungen des COM 9026 (die Interrupt auslösen können) und Ausgabe von Steuerbefehlen an den COM 9026 beschränkt, der innerhalb des Prozessorsystems 2 Ein-/Ausgabeadressen belegt.

Als „Local Area Network Transceiver“ LANT stellt der 16polige Baustein COM 9032 verschiedene Hilfsfunktionen für den COM 9026 zur Verfügung, z.B. einen Taktgenerator für verschiedene aus einer Grundfrequenz von 20 MHz abgeleitete Takte, einen Pulsgenerator für das Ansteuern der Leitungstreiber und einen Konverter zum Umwandeln des Empfangssignals in das vom COM 9026 benötigte NRZ-Format.

Beim Einsatz eines RG62-Koaxialkabels als Übertragungsmedium leistet der von Zenith angebotene Hybridbaustein LAND („Local Area Network Driver“) gute Dienste. Er schließt Leitungstreiber, Impulsübertrager und Leitungsempfänger als Interface zum Koaxialkabel ein.

Bei der Wahl eines anderen Übertragungsmediums muß natürlich diese Schnittstelle anders gelöst werden. Als weitere Übertragungsmedien können auch Lichtwellenleiter benutzt werden, wenn die vom Koaxialkabel her gegebene Störsicherheit z.B. in gewissen Industrieumgebungen nicht ausreicht. Auch Infrarotverbindungen sind schon innerhalb von Arcnet realisiert worden.

Das Interface zur Mikroprozessor-Systemsteuerung gestaltet sich damit sowohl für die Hardware als auch für die Software sehr einfach, da zusätzlich noch der zeitliche Ablauf der Prozessorzugriffe sowohl auf den Nachrichtepuffer als auch auf den COM 9026 von diesem selbst gesteuert wird, um Zugriffskollisionen auszuschalten, denn grundsätzlich sind externe Buszugriffe und interne Abläufe nicht synchron. So werden z.B. auch die Steuersignale des Speichers (ein normales 1 KByte oder 2 KByte großes RAM) nicht direkt vom Prozessorbus abgeleitet, sondern vom COM 9026 generiert. Zum Einlesen einer 8-bit-Teilnehmeradresse dient ein Schieberegister, dessen Steuersignale ebenfalls vom COM 9026 ausgegeben werden.

In den von der Herstellerfirma SMC herausgegebenen Datenblättern und Applikationsberichten stehen genügend Informationen zur Entwicklung einer geeigneten Interface-Schaltung für das gewünschte Prozessorsystem zur Verfügung. Zudem werden von mehreren Herstellern bereits komplette Arcnet-Baugruppen für verschiedene Rechner sowie ein universeller Stand-alone-Arcnet-Controller mit mehreren seriellen und parallelen Schnittstellen angeboten.

Einsatz im industriellen Bereich

In vielen Industriesystemen, die in Quasi-Echtzeit arbeiten, liegen die erforderlichen Reaktionszeiten in Bereichen, die von Arcnet abge-

deckt werden können. Die deterministische Struktur des „Token Passing“-Prinzips erlaubt ein genaues Überprüfen der geforderten Zeiten.

Der im Vergleich zu anderen Netzwerkprotokollen sehr geringe Zusatzaufwand zum Austausch von Daten und die relativ kurze, variable Datenpaketlänge entsprechen Steueranforderungen, d.h. dem Austausch kurzer Steuerbefehle und Zustandsmeldungen, wie sie oft bei Industriesteuerungen auftreten.

Mit dem hohen funktionellen Integrationsgrad der Bausteine COM 9026 und COM 9032 wird der Anschluß an bestehende Mikroprozessorsteuerungen so weitgehend vereinfacht, daß Implementationen lokaler Netzwerke auch im Bereich industrieller Anwendungen problemlos, funktionssicher und mit geringem Aufwand durchführbar sind.

Schrifttum

- Kafka: „Lokale Netzwerke — die Basis für integrierte Informationssysteme“, Elektronik 19/1982.
Bursky: „Local Networks“, Electronic Design, Sept. 30, 1982.
Allan: „Local Networks“, Electronic Design, Sept. 30, 1982.
Fachreport „Lokale Netzwerke“, Elektronik-Applikation 4/1983.
Sideris: „Network architectures offer performance variety“, Electronic Design, Sept. 30, 1981.
Riley: „LAN standards controversy looms: Ethernet vs IEEE-802“, Electronic Design, Sept. 30, 1981.
Sideris: „Software helps networks grow with compatibility“, Electronic Design, Sept. 1981.
Sideris: „Network hardware is key element in connection costs“, Electronic Design, Sept. 30, 1981.
Herman: „LAN controller regulates token-passing traffic“, Electronic Design, Dec. 22, 1983.
Bertness: „Baseband LAN fine tunes token-passing technique“, Computer Design, Fall 1983.
Allan: „1984 Technology Forecast: Factory Automation“, Electronic Design, Jan. 2, 84.
Datapoint Corporation: „Arcnet Designer's Handbook“.
SMC: „Local Area Network Controller LANC“, Datenblatt 1983.
SMC: „Local Area Network Transceiver LANT“, Datenblatt, 1983.
SMC: „Using the COM 9026 Local Area Network Controller and the COM 9032 Local Area Network Transceiver“, Applikationsbericht, 1983.
SMC: „VLSI Circuit provides complete controller for token-pass systems“, Applikationsbericht 1983.

Kennziffer:

401