

Geht der Trend vom ADC zum TDC (2)?

Time-to-Digital-Converter nutzen die Zeit als Messgröße

A. Braun, E.-C. Reiff

Time-to-Digital-Converter verwenden die Zeit als Messeinheit. Sie erfassen damit alle möglichen physikalischen Größen und wandeln sie ohne großen Energieaufwand in digitale Werte. Hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit und der Auflösung bieten sie erheblich bessere Werte als ADC.

Für das »Aus zählen« von Laufzeitdifferenzen liefert die Durchflussmesstechnik ein gutes Beispiel. Zur Messung des Durchflusses bei leitenden Flüssigkeiten verwendet man häufig magnetisch-induktive Messaufnehmer. Im Gegensatz dazu können Ultraschall-Durchflussmesssysteme auch Medien ohne definierte Mindestleitfähigkeit messen. Voraussetzung dafür ist jedoch eine präzise Zeitmessung. Vor allem kleinere Flussgeschwindigkeiten erfordern hohe Auflösungen. Ein Beispiel verdeutlicht den Zusammenhang (Bild 1).

In einem Rohr will man die Fließgeschwindigkeit von Wasser (Schallgeschwindigkeit in Wasser: $c = 1480 \text{ m/s}$ bei 20°C) mit einer Strömungsgeschwindigkeit von $0,5 \text{ m/s}$ mit maximal $0,5\%$ Fehler bestimmen. Der Abstand der Ultraschallwandler sei 10 cm , der Ultraschall durchläuft das Wasser in einem Winkel von 45° zur Strömungsrichtung. Für hin- und zurücklaufende Schallwelle errechnet sich aus diesen Daten eine

Dipl.-Ing. Augustin Braun,
Acam Messelectronic, Stutensee
Ellen-Christine Reiff,
M.A., Redaktionsbüro Stutensee
Fortsetzung von »de« 15-16/2004, S. 73

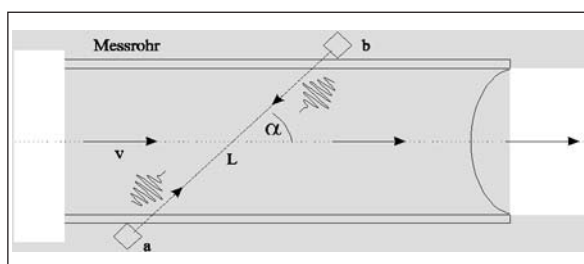


Bild 1: Für das »Aus zählen« von Laufzeitdifferenzen liefert die Durchflussmesstechnik ein gutes Beispiel

Laufzeitdifferenz von 33 ns . Sie verhält sich proportional zur Strömungsgeschwindigkeit. Um sie mit der gewünschten Genauigkeit von $99,5\%$ anzeigen zu können, muss man sie zeitlich mit 165 ps auflösen, was für TDC kein Problem ist. Der TCD-Chip vom Typ GP1 z. B. misst Zeiten bis zu 200 ms mit einer Auflösung von 120 ps , das entspricht einer Dynamik von 30 bit .

Lösung für batteriegespeiste Messaufnehmer

Gleichzeitig eignen sich die TDC für Messaufnehmer, die über Batterie gespeist werden, z. B. von Lithium-Knopfzellen oder den ebenfalls weitverbreiteten Alkali-Mangan-Batterien. Ihr Betriebsspannungsbereich liegt zwischen $1,8 \text{ V}$ und $5,5 \text{ V}$. Der Strombedarf bleibt dabei im Vergleich zu einem ähnlich leistungsfähigen 24-Bit-A/D-Wandler minimal. Führt man beispielsweise pro s nur eine Messung inklusive Kalibrierung durch, so beträgt bei 3 V Versorgungsspannung die Stromaufnahme nur ca. $3 \mu\text{A}$. Bedenkt man, dass der Trend heute zu kabellosen batterieversorgten Sensoren geht, die ihre Daten über Funk übertragen, kann man abschätzen, welches Potenzial die TDC bergen. Die Zigbee-Technik, die bereits in der US-Norm IEEE 8002.15.4 definiert ist, bietet dabei die Voraussetzungen für eine entsprechende Funkensorik. Bis zu 254 Geräte können mit Zigbee drahtlos miteinander bzw. der übergeordneten Steuerung kommunizieren.

Eine neue Technologie für Dehnungsmessstreifen

Ähnliche Vorteile beim Einsatz von TDC ergeben sich bei Sensoren, die mit Dehnungsmessstreifen (DMS) arbeiten, z. B. Waagen oder Lastzellen. Das Ausmessen von Dehnungsmessstreifen gehört dabei wohl zu den größten Herausforderungen

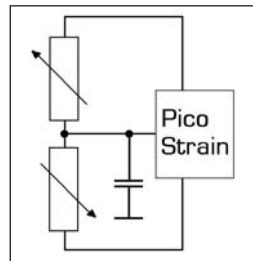


Bild 2: Die RC-Kombination wird nicht konstant mit Gleichspannung versorgt, sondern mit einem Impuls angesteuert, bis der Kondensator aufgeladen ist; anschließend wird die Entladezeit gemessen

der Sensortechnologie. Denn auf Grund ihrer sehr kleinen Auslenkung von nur ca. $0,2\%$ bei Vollausschlag (2000 ppm) und der geforderten hohen Auflösung von typischerweise 16 bit müssen die Widerstände sehr präzise vermessen werden. Das lässt sich praktisch nur durch Verhältnismessungen realisieren. Das Widerstandsverhältnis muss man dabei auf 25 bit auflösen, um die geforderten 16 »effektiven« Bit am DMS-Vollausschlag zu erreichen. Bei ihrem TDC-basierten Picostrain-Verfahren geht Acam dabei einen neuen Weg (Bild 2).

Das Widerstandsverhältnis führt man nicht wie bei konventionellen Verfahren auf eine Spannungsdifferenz, sondern auf eine Zeitdifferenz zurück. Dazu schaltet man dem Messwiderstand einen Kondensator parallel. Diese RC-Kombination steuert man mit einem Impuls an, bis der Kondensator aufgeladen ist. Anschließend misst man die Entladezeit. Die daraus resultierende e-Funktion hängt von der Größe der Kapazität und des Widerstandes ab. Verändert sich der Widerstand, verändert sich auch die e-Funktion. Misst man ihre zeitliche Verschiebung, erhält man den Messwert. Prinzipiell funktioniert dieses Verfahren nicht nur bei RC- sondern auch bei RL-Gliedern, so dass sich insgesamt sowohl resistive als auch kapazitive und induktive Veränderliche messen lassen.

Die integrierten Schaltungen benötigen dabei keine analogen Komponenten. Das wirkt sich günstig auf die Signaldrift aus. Der Betriebsspannungsdurchgriff ist exzellent niedrig, und die Temperaturverlaufskurven sind sehr flach und linear. Gleichzeitig ergeben sich eine ganze Reihe weiterer Vorteile. Die Kraftmessung mit Dehnungsmessstreifen erfordert keine Vollbrücke, stattdessen reichen zwei Widerstände aus. Da die Messstreifen über den TDC versorgt werden, entfällt auch eine weitere Spannungsversorgung.

Hohe Flexibilität bei Messrate, Genauigkeit und Stromaufnahme

Ganz nach Bedarf kann der Anwender Messrate, Genauigkeit und Stromaufnahme variieren. Mit der gleichen Hardware lassen sich durch bloßes Umkonfigurieren der Einstellregister mehrere Betriebsarten abdecken. Die maximale Messrate bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen beträgt bis zu 50 kHz. Bei 2 kHz Messrate liegt die Auflösung z. B. bei 13 bit bei 5 mA Stromaufnahme (einschließlich Dehnungsmessstreifen). Ebenso möglich sind Low-Power-Anwendungen mit 2 Hz, 13 bit und lediglich knapp 100 µA.

Benötigt man Auflösungen von bis zu 17 bit, ergibt sich eine Messrate von 20 Hz und eine Gesamtstromaufnahme von 5 mA.

AUTOMATISIEREN IN STEP 7

Automatisieren mit Simatic

Berger, H., 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, Juni 2003, ca. 240 Seiten, gebunden, ISBN 3-89578-213-0, 44,90 €

Am Beispiel der speicherprogrammierbaren Steuerungen S7-300 und S7-400 bietet dieses Buch einen umfassenden und aktuellen Einstieg in die Arbeitsweise und den Aufbau eines modernen Automatisierungssystems. Darüber hinaus gibt das Buch Einblick in Projektierung und Parametrierung der Controller und der dezentralen Peripherie, erläutert die Kommunikation über Netzverbindungen und beschreibt die Möglichkeiten für das Bedienen und Beobachten einer Anlage.

Automatisieren mit STEP 7 in AWL und SCL

Berger, H., Buch mit Diskette und CD-ROM, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, 2002, 466 Seiten, 132 Abbildungen, 110 Tabellen, gebunden, ISBN 3-89578-197-5, 66 €

In der dritten Auflage stellt das vorliegende Buch die Programmiersoftware Step 7 in der Version 5.1 mit Service Pack 3 vor. Es beschreibt Elemente und Anwendungen der textorientierten Programmiersprachen AWL (Anweisungsliste) und SCL (Structured Control Language) sowohl für Simatic S7-300 als auch für Simatic S7-400. Es wendet sich an alle Anwender von Simatic-S7-Steuerungen.

Automatisieren mit STEP 7 in KOP und FUP

Berger, H., Buch mit Diskette und CD-ROM, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Juni 2003, ca. 400 Seiten, ca. 150 Abbildungen, ca. 95 Tabellen, gebunden, ISBN 3-89578-219-X, 66 €

Für die dritte Auflage wurde das Buch in vielen Bereichen aktualisiert und überarbeitet. Es beschreibt Elemente und Anwendungen der grafikorientierten Programmiersprachen KOP (Kontaktplan) und FUP (Funktionsplan) sowohl für Simatic S7-300 als auch für Simatic S7-400. Es wendet sich an alle Anwender von Simatic-S7-Steuerungen.