



## BINDEGLIED ZWISCHEN SENSOR UND SIGNALERFASSUNG

# Universelle Messverstärker

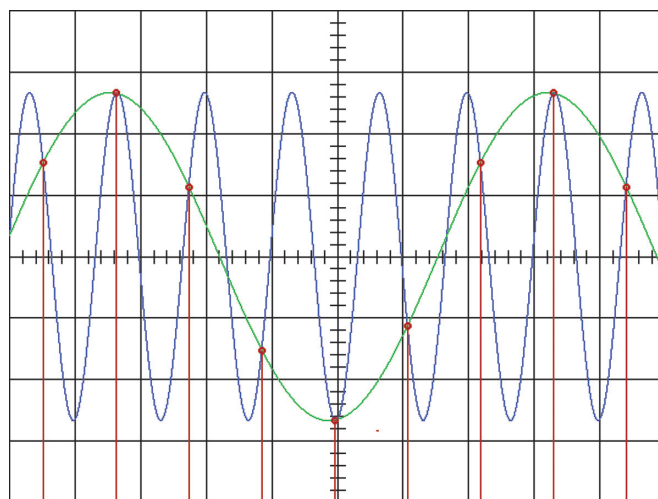
**Neben der Präzision muss ein Messverstärker die Anforderungen des Sensors hinsichtlich Versorgung und Behandlung seines Signals erfüllen und der nachfolgenden Datenerfassung ein ideal aufbereitetes Signal liefern. So trägt er entscheidend zur Genauigkeit der Werte und deren Auswertung bei.**

KARSTEN LÖRK

**E**ine A/D-Wandlung liefert nur dann ein ideales Ergebnis, wenn der Eingang des Wandlers (ADC) optimal angesteuert wird, das Signal möglichst geringes Rauschen aufweist und keine Frequenzanteile hat, die zu Aliasing-Fehlern führen. Die optimale Aussteuerung des ADC gelingt nur mit einer feinstufig einstellbaren Verstärkung: Eine Stufung 1:10 würde bis zu 3,3 Bit an Auflösung verlieren, wenn das Signal gerade zu groß

für die zehnfache Verstärkung ist, bei aktueller Verstärkung den ADC aber nur zu wenig mehr als 10 Prozent aussteuert. Minimales Rauschen erfordert einen sehr sorgfältigen Messaufbau. Ein viel besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis als die aufwändige Beseitigung diverser Rauschquellen – gerade bei bestehenden Anlagen – bringt das Eliminieren des Rauschens nach erfolgter Signalverstärkung mithilfe eines Tiefpassfilters im Messverstärker. Ist dieses Filter auch noch einstellbar, so lässt sich das, was noch gemessen wer-

### 1 ALIASING-FEHLER



**Bild 1.** Die Abtastwerte (rot) passen zu beiden Frequenzen; welche lag wirklich vor?

den soll, ideal trennen von dem, was nur Rauschen ist.

Auch wenn diese Trennung nach der Abtastung ein digitales Filter vornehmen soll, ist ein zeitkontinuierliches, auf die Abtastrate des ADC abstimmbares Tiefpassfilter extrem wichtig: Jedes Abtastsystem benötigt nach der Shannon'schen Regel ein bandbegrenztetes Eingangssignal, wenn der zeitliche Verlauf des Messsignals eindeutig darzustellen sein soll. Die Bandbegrenzung muss unbedingt zeitkontinuierlich vor jeglicher Abtastung erfolgen. Einfach zu realisierende – als IC erhältliche – geschaltete Filter sind selbst Abtastsysteme und somit nur in Kombination mit einem zeitkontinuierlichen Vorfilter als Anti-Aliasing-Filter geeignet.

Daten mit Aliasing-Fehlern können nicht mit digitalen Filtern oder anderen mathematischen Verfahren korrigiert werden, weil die Daten selbst als Grundlage jeder Berechnung nicht eindeutig sind – das ist das Wesen des Aliasing-Fehlers (**Bild 1**). Gelegentlich wird argumentiert, dass der Sensor oder der ganze Messaufbau selbst nur eine begrenzte Bandbreite hätten, also keine Aliasing-Gefahr bestehe. Aber: Ein Umrichter oder ein kleiner Lüfter beispielsweise, der in das schwache Signal der Sensorleitung mit 1260 bis 1280 Hz einstreut, wird ohne Anti-Aliasing-Filter bei 500 Samples je Sekunde Abtastrate zu mysteriösen 10 bis 30 Hz in den erfassten Daten führen.

### Die Anforderungen des Sensors

Wenige Sensoren liefern wie Fotodioden und -dioden oder (Rogowski-) Spulen aktiv ein Signal. Die meisten, DMS- und sonstige Messbrücken, IEPE-/ICP-Sensoren, Temperaturfühler, PT100, PT1000, Potentiometer, benötigen eine Spannungs- oder Stromversorgung. Geeignete Speisewerte werden vom Sensorhersteller angegeben und differieren je nach Aufnehmertyp; universelle Messverstärker brauchen also eine universelle Sensorversorgung.

Bei vielen Aufnehmern geht die Speisung unmittelbar in das Messergebnis ein (Empfindlichkeit mV/V). Daher muss sie genau, ausreichend stark, am besten nachgeregelt (Sechsstreitertechnik kompensiert den Spannungsabfall im Sensor-kabel) und anpassbar sein. Das mV/V bedeutet auch, dass eine Versorgung mit nur 40 Prozent der zulässigen Spannung am Sensor nur 40 Prozent des möglichen Messeffekts bringt und 5 Prozent Fehler



**Bild 2.**  
Messverstärker  
im Rack  
von IMD

in der Versorgung auch 5 Prozent Fehler im Messsignal bewirken.

In bestimmten Fällen kann es andererseits sinnvoll sein, eine Brückenspannung kleiner als vom Hersteller empfohlen einzustellen: Wenn die Verlustwärme der Messbrücke problematisch ist, reduziert der Wechsel von 7,5 auf 5 V die Verlustleistung auf < 50 Prozent, während der Messeffekt nur auf 66,7 Prozent sinkt. Bei einem Verstärker mit fein einstellbarer Verstärkung kann diese zum Ausgleich nun um 50 Prozent erhöht werden.

Gleiches gilt für stromgespeiste Widerstandssensoren: Je höher der Konstantstrom, umso höher die zu messende Spannung am Sensor, aber auch umso höher Verlustleistung und Eigenerwärmung des Sensors – wichtig bei Temperatursensoren wie PT100/PT1000. Sinnvoll ist etwa eine zwischen 1 und 10 mA einstellbare Stromquelle im Messverstärker: 10 mA Konstantstrom am PT1000 würden zwar hohe 38,5 mV/°C liefern, aber bei 0 °C auch 100 mW Verlustleistung und somit den Sensor messbar aufheizen. 1 mA

Konstantstrom dagegen liefert zwar nur 3,85 mV/°C, aber bei 0 °C auch nur eine Verlustleistung von 1 mW, die üblicherweise ohne messbare Eigenerwärmung an die Umgebung abgegeben werden kann. Zum Ausgleich kann wiederum die Verstärkung erhöht werden, hier um den Faktor 10.



### KONTAKT

**IMD Ingenieurbüro GmbH,**  
57223 Kreuztal,  
Tel. 02732/27534,  
Fax 02732/28599,  
[www.imd-gmbh.de](http://www.imd-gmbh.de)

Ergänzt um eine sehr niederfrequente AC-Signalauskopplung ist eine derartige Konstantstromquelle auch für IEPE-Aufnehmer (Konstantstrom 4 mA, Leerlaufspannung 26 V) geeignet. Manche Sensoren enthalten nur eine Teilbrücke. Messverstärker mit integrierter Brückenergänzung ersparen dem Anwender hier



### FAZIT

**UMV208 und UMF208.** Die universellen Messverstärker der Baureihen UMV208 (Bild 2) und UMF208 von IMD wurden entsprechend den Anforderungen von Datenerfassung, Sensoren und Praxis – kurz: des Anwenders – entwickelt. Die Reihe UMV208 umfasst DC- und Trägerfrequenztypen, während sich der UMF208 durch 1 MHz Bandbreite auszeichnet. Dank des analogen Ausgangs anstatt eines integrierten ADC kann jeder Anwender eine bereits vorhandene oder zukünftige Datenerfassung seiner Wahl einsetzen – analoge Signalkonditionierung ist nahezu zeitlos und nicht nach fünf Jahren veraltet.

Lötarbeiten; interne Ergänzungen für Halbbrücken in Drei- und Fünfleitertechnik und für 350 - und 120- $\Omega$ -Viertelbrücken decken bereits den größten Teil der Fälle ab.

Für induktive Voll- und Halbbrücken sowie bei erhöhtem Anspruch an die Störfestigkeit kommt das Trägerfrequenzverfahren zum Einsatz. Nur sehr wenige Messverstärker bieten sowohl einen DC-Messbetrieb mit Gleich-Brückenspannungen und hoher Bandbreite als auch einen TF-Modus mit zwei Trägerfrequenzen, Sinus-Brückenspannungen und hoher Störfestigkeit bei reduzierter Bandbreite.

### Anforderungen aus der Praxis

Neben Präzision und Zuverlässigkeit sollen Messverstärker auch unterstützende Funktionen für Inbetriebnahme und Überprüfung/Kalibrierung des Messaufbaus bieten: Für den Abgleich einer statischen Sensor-Vorlast (Nullpunktverstimmung, Tara) sowie den Eigenabgleich des Ver-

stärkers sind automatische Abgleichfunktionen erforderlich, inklusive des Phasenabgleichs für den Trägerfrequenzbetrieb. Zum Überprüfen oder Kalibrieren des ADC wird ein genaues 0-V-Signal für den Nullpunkt und eine Referenz von beispielsweise +10,00 V für die Vollaussteuerung benötigt. Bei Messbrücken kann die gesamte Messkette einer Nebenschluss- oder Shunt-Kalibrierung unterzogen werden, indem ein Shunt-Widerstand einem Brückenweig parallel geschaltet wird. Diese gezielte Verstimmung führt zu einem definierten Messwert. Nicht zu vernachlässigen ist eine unkomplizierte Bedienung – nicht nur per Rechner für den automatisierten Messbetrieb, sondern auch von Hand, was im Laborbetrieb und bei der Erprobung sehr angenehm ist.

Universelle Messverstärker haben naturgemäß viele Einstellmöglichkeiten. Eine kompakte Bauform für beispielsweise 16 Kanäle in einem 19"-Rack erlaubt nicht jeder Funktion einen eigenen Schal-

ter auf der Frontplatte. Andererseits sind interne Jumper, DIP-Schalter oder Lötbrücken unpraktisch. Eine gute Lösung ist ein Farb-LC-Display, ein Drehknopf und eine geschickte Menüführung. Das ermöglicht nebenbei Annehmlichkeiten wie speicherbare Anwender-Setups für verschiedene Sensoren oder Messaufbauten. Messstellen oder Setups können unterschiedlichen Displayfarben zugeordnet werden, das sorgt für Übersicht.

Ein universeller Messverstärker muss auch per Rechner steuerbar sein. Das LC-Display kann unter Rechnersteuerung die aktuelle Parametrierung zur Kontrolle vor Ort anzeigen. *(ml)*

[www.EL-info.de](http://www.EL-info.de)

3 1 5 4 0 3



### DER AUTOR

DIPL.-ING. KARSTEN LÖRK ist Geschäftsführer beim IMD-Ingenieurbüro in Kreuztal.