

# Zeitsynchrone kontra sequenzielle Abtasttechnik bei Messsystemen – Auswirkung auf die Systemstruktur

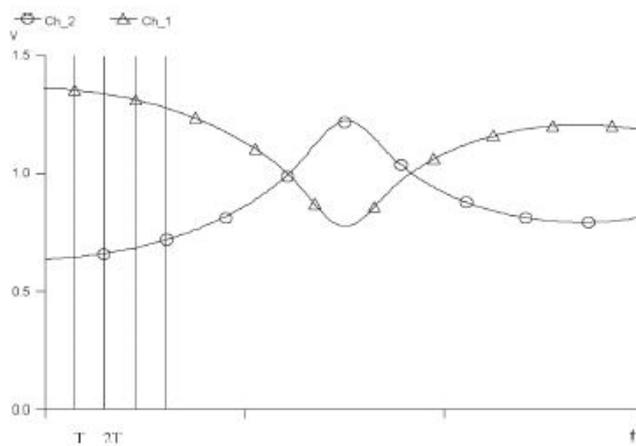
## Whitepaper

Welche Messsystem-Struktur ist für welches Messproblem die richtige? Müssen Kanäle gleichzeitig, also synchron abgetastet werden, oder reicht es, die Kanäle hintereinander also sequenziell mit einem analogen Multiplexer abzutasten? Mit dieser Frage muss sich jeder, der vielkanalige Messungen durchführen will, auseinandersetzen.

Will man beispielsweise die elektrische Momentan Leistung  $p(t)$  eines Verbrauchers ermitteln, so ist diese bei der Spannung  $u(t)$  und Strom  $i(t)$  über die Formel  $p(t) = u(t) i(t)$  definiert. Die Formel besagt, dass die Momentan Werte von Strom und Spannung zu multiplizieren sind. Werden die Messgrößen zu den Zeitpunkten  $0, T, 2T, 3T, \dots$  von einem Messsystem abgetastet, so ist diese Formel so zu interpretieren, dass die Strom- und Spannungswerte fortlaufend zu denselben Zeitpunkten erfasst und multipliziert werden müssen.

## Multiplexe Abtastung

Die Methode der zeitmultiplexen Abtastung ist in nachfolgendem Bild dargestellt. Wird zum Zeitpunkt  $T$  der Kanal 1 (Ch\_1) abgetastet, so wird bei der nächsten Abtastung zum Zeitpunkt  $2T$  der zweite Kanal Ch\_2 erfasst. Dieses Abtastschema wiederholt sich dann fortlaufend. Betrachtet man die Abtastung zu einem Zeitpunkt, z.B. bei  $2T$ , so fällt auf, dass zwar für Ch\_2 ein Abtastwert vorliegt, nicht jedoch von Ch\_1. Damit sind Berechnungen, wie sie weiter oben vorgestellt wurden, nicht durchführbar, weil zu einem Zeitpunkt nicht Werte von beiden Kanälen vorliegen.



*Zeitmultiplexe Signalabtastung zweier Kanäle. Die senkrechten Linien kennzeichnen die Abtastzeitpunkte  $T$ ,  $2T$  usw. Abwechselnd wird einer der beiden Kanäle abgetastet.*

Ein kleines Beispiel soll die Problematik mit zeitmultiplexer Abtastung weiter erläutern: Beispielsweise sei die Abtastfrequenz eines Messsystems  $10\text{ kHz}$  ( $10.000\text{ Messwerte/s}$ ) und es sollen sinusförmige Strom- und Spannungssignale mit  $50\text{ Hz}$  Signalfrequenz ( $20\text{ ms}$  Periodendauer) abgetastet werden (üblicherweise werden  $50\text{ Hz}$ -Signale nur mit  $200$  oder  $500\text{ Hz}$  abgetastet!). Der zeitliche Fehler durch die zeitversetzte Abtastung von lediglich  $100\text{ }\mu\text{s}$  ( $T=1/10\text{ kHz}=100\text{ }\mu\text{s}$ ) entspricht einer Phasenverschiebung von  $1,8^\circ$ , da  $20\text{ ms}$  einem Winkel von  $360^\circ$  entsprechen. Kommt es aber

gerade auf die kleine Winkelverschiebung an, wie das in der Elektrotechnik beispielsweise bei der Messung der Blindleistung der Fall sein kann, dann kann der relative Fehler der Blindleistung durch den systembedingten Zeitversatz bei der Abtastung nahezu beliebig groß werden. Dies ist deshalb der Fall weil bei solch einer Konstellation die Blindleistung der Winkelverschiebung nahezu proportional ist. Wie das kleine Beispiel verdeutlicht, müssen beide Kanäle in solch einem Fall absolut zeitsynchron erfasst werden.

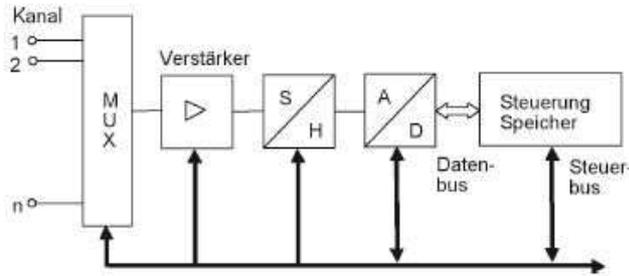
Es stellt sich dann die Frage, wann ist eine zeitmultiplexe Abtastung technisch sinnvoll? Sie ist immer dann sinnvoll, wenn die Messgrößen nicht miteinander verrechnet werden müssen, oder wenn die zeitlichen Relationen keine Rolle spielen. Dann kann dieses Verfahren eingesetzt werden. Auch hierzu ein Beispiel:

Sind Messungen an mechanischen Bauteilen durchzuführen, aus denen deren Beanspruchung (Klassierverfahren) ermittelt werden soll, so spielen die zeitlichen Bezüge keine Rolle. Wird beispielsweise ein Stahlblech durch Biegung beansprucht, dann spielt es keine Rolle wann das Blech gebogen wurde, sondern es ist nur relevant dass es gebogen wurde. Parameter wie z.B. die Maximalamplitude der Biegung sind hierbei die entscheidenden Werte. In solchen Fällen kann auf eine synchrone Abtastung verzichtet werden.

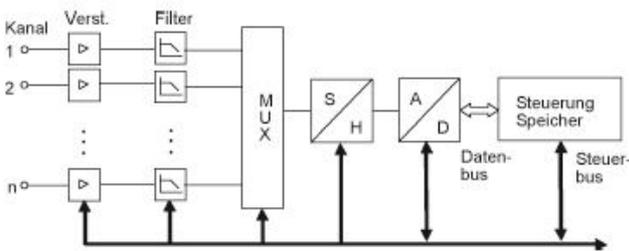
Im Nachfolgenden werden die gängigen Strukturen von Messsystemen aufgezeigt, mit denen synchrone und asynchrone Abtastung möglich ist. Deren Eignung für verschiedene Messaufgaben wird diskutiert.

## Strukturen von Messsystemen

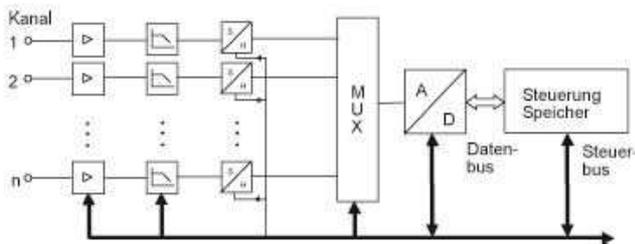
Die Grundstrukturen der Messsysteme sind im nachfolgenden Bild wiedergegeben.



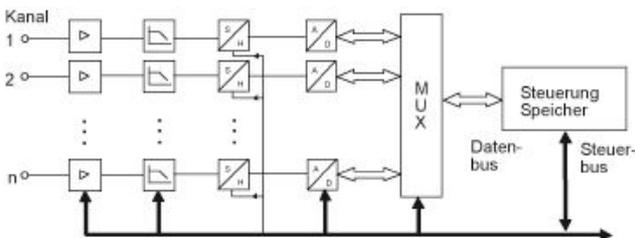
a) analoge Messkanalumschaltung ohne individuelle Kanalverstärkung; zeitversetzte Abtastung der Kanäle



b) analoge Messkanalumschaltung; zeitversetzte Abtastung der Kanäle



c) analoge Messkanalumschaltung; gleichzeitige Abtastung der Kanäle



d) digitale Messkanalumschaltung; gleichzeitige Abtastung der Kanäle

Grundsätzlich besteht ein Messsystem aus Verstärkern zur Anpassung des Sensorsignals an die nachfolgende Elektronik. Ein Filter (Antialiasingfilter) dient dazu, solche Frequenzen aus dem Messsignal zu eliminieren, die höher sind als die halbe Abtastfrequenz (siehe White-Paper über Abtasttheorem).

Der Sample-und Hold Verstärker (S/H) hält die zum Abtastzeitpunkt vorhandene Spannung so lange konstant, bis der AD-Umsetzer den analogen Messwert in seine digitale Repräsentation umgesetzt hat. Die in den Bildern c) und d) vorhandenen verbundenen Steuerleitungen zum S/H-Verstärker sorgen dafür, dass die Signale der Kanäle zeitgleich erfasst werden. Diese Strukturen sind es auch, mit denen eine synchrone Abtastung der Messkanäle erfolgen kann. Da bei d) jeder Kanal über einen eigenen AD-Umsetzer verfügt, sind bei solchen Systemen höhere Summenabtastraten als bei Systemen nach c) möglich.

Die in a) und b) gezeigten Lösungen werden bei einfachen Systemen (z.B. bei PC-Einsteckkarten) aus Kostengründen angewendet. Sie haben aber eine Reihe entscheidender Nachteile gegenüber den übrigen Lösungen. Die Problematik solcher Anordnungen liegt u.a. bei den gemultiplexten Signaleingängen, die keine Verrechnung von Messsignalen erlauben. Da hier das Messsignal erst hinter den Multiplexern verstärkt wird, werden sämtliche Fehler des Multiplexers mitverstärkt und sind dem Messsignal überlagert.

Eine Filterung der Signale, die man sich beispielsweise bei

a) nach dem Multiplexer vorstellen könnte, ist technisch nur schwer machbar. Der Grund hierfür liegt darin, dass nach jeder Kanalumschaltung des Multiplexers bis zum Einschwin-

gen des Filters gewartet werden muss, bevor eine AD-Umsetzung stattfinden kann.

Ob die gleichzeitige Signalerfassung erforderlich ist, hängt, wie diskutiert, von der Anwendung ab. Der Messtechnikspezialist imc, Berlin hat Verfahren entwickelt und in seine Messsysteme integriert, mit denen auch bei Systemen der Strukturen nach a) und b) eine synchrone Abtastung möglich wird. Fehlende Messwerte werden mit Unterstützung von Digitalen Signalprozessoren online durch Interpolationsverfahren berechnet, so dass auch hier eine synchrone Erfassung möglich wird. Beispiele hierfür sind die Scanner Systeme wie beispielsweise CRPL/SC-32 oder CAN/SC16. Die bei imc hergestellten Systeme arbeiten, bis auf wenige Ausnahmen, entsprechend der Systemstruktur d) wobei noch zwischen kanalindividuell isolierten und auf ein gemeinsames Messpotential bezogenen Kanälen unterschieden werden muss.

Autor: Prof. Dr.-Ing. Klaus Metzger

## Weitere Informationen erhalten Sie unter:

### imc Test & Measurement GmbH

Voltastr. 5  
D-13355 Berlin

Telefon: +49 (0)30-46 7090-0  
Fax: +49 (0)30-46 31 576  
E-Mail: [hotline@imc-tm.de](mailto:hotline@imc-tm.de)  
Internet: <http://www.imc-tm.de>

Die imc Test & Measurement GmbH ist Hersteller und Lösungsanbieter von produktiven Mess- und Prüfsystemen für Forschung, Entwicklung, Service und Fertigung. Darüber hinaus konzipiert und produziert imc schlüsselfertige Elektromotorenprüfstände. Passgenaue Sensor- und Telemetriesysteme ergänzen unser Produktportfolio.

Unsere Anwender kommen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Bahn, Luftfahrt und Energie. Sie nutzen die imc-Messgeräte, Softwarelösungen und Prüfstände, um Prototypen zu validieren, Produkte zu optimieren, Prozesse zu überwachen und Erkenntnisse aus Messdaten zu gewinnen. Rund um die imc Geräte steht dafür ein umfassendes Dienstleistungsspektrum zur Verfü-

gung, das von der Beratung bis zur kompletten Prüfstandsautomatisierung reicht. Auf diese Weise verfolgen wir konsequent das imc Leistungsversprechen „produktiv messen“.

National wie international unterstützen wir unsere Kunden und Anwender mit einem starken Kompetenz- und Vertriebsnetzwerk.

Wenn Sie mehr über die imc Produkte und Dienstleistungen in Ihrem Land erfahren wollen oder selbst Distributor werden möchten, finden Sie auf unserer Webseite alle Informationen zum imc Partnernetzwerk:

<http://www.imc-tm.de/partner/>



#### Nutzungshinweis:

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Dieser Bericht darf ohne Genehmigung weder bearbeitet, abgewandelt noch in anderer Weise verändert werden. Ausdrücklich gestattet ist das Veröffentlichende und Vervielfältigen des Dokuments. Bei Veröffentlichung bitten wir darum, dass der Name des Autors, des Unternehmens und eine Verlinkung zur Homepage [www.imc-tm.de](http://www.imc-tm.de) genannt werden. Trotz inhaltlicher sorgfältiger Ausarbeitung, kann dieser Bericht Fehler enthalten. Sollten Ihnen unzutreffende Informationen auffallen, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis an: [marketing@imc-tm.de](mailto:marketing@imc-tm.de). Eine Haftung für die Richtigkeit der Informationen wird grundsätzlich ausgeschlossen.