



Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27.10.1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 03 M 1/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

|      |                                                                                                                                     |      |          |      |          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|------|----------|
| (21) | DD H 03 M / 340 611 8                                                                                                               | (22) | 14.05.90 | (44) | 26.09.91 |
| (71) | siehe (73)                                                                                                                          |      |          |      |          |
| (72) | Ludwig, Rainer, Dr.-Ing.; Winkler, Frank, Dr.-Ing.; Jeschonek, Mirko, DE                                                            |      |          |      |          |
| (73) | Ingenieurhochschule Mittweida, Direktorat für Forschung und Internationale Beziehungen, Platz der DSF 17,<br>O - 9250 Mittweida, DE |      |          |      |          |
| (74) | siehe (73)                                                                                                                          |      |          |      |          |
| (54) | Schaltungsanordnung zur Bestimmung der Einschwingzeit von Digital-Analog-Wandlern                                                   |      |          |      |          |

(55) Digital-Analog-Wandler; Fehlerkenngrößen; Einschwingzeit; Meßanordnung; Toleranzfeld; Dynamikbereich; Zähler  
(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Bestimmung der Einschwingzeit von Digital-Analog-Wandlern. Die Erfindung ist zur Bestimmung der Einschwingzeit von Digital-Analog-Wandlern geeignet. Die Kenntnis dieser wichtigen dynamischen Kenngröße ist sowohl für Hersteller als auch für Anwender von Digital-Analog-Wandlern interessant, da weitreichende schaltungstechnische und applikative Konsequenzen mit der Einschwingzeit verbunden sein können. Übliche Meßanordnungen verwenden Referenzwandler als Normale und bedingen damit eine prinzipielle Begrenzung der erfaßbaren Auflösung. Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ermittelt in Abhängigkeit eines über Komparatoren festzulegenden Toleranzfeldes die genaue Einschwingzeit, indem an einen ersten Zähler ein SET-Impuls an den RESET-Eingang geführt wird und dieser und ein zweiter Zähler fortlaufend Taktimpulse erhält. Nach Ablauf der Einschwingzeit bildet die Differenz der Zählerstände die Einschwingzeit des zu prüfenden DAW.

**Patentanspruch:**

Schaltungsanordnung zur Bestimmung der Einschwingzeit von Digital-Analog-Wandlern, gekennzeichnet dadurch, daß ein Testcontroller (3) den Digital-Analog-Wandler (1) als Prüfling ansteuert, daß am Ausgang des Digital-Analog-Wandlers (1) ein Wechselspannungsverstärker geschaltet (2) ist, daß über paritätsabhängige Trennschaltungen (4, 5) mit nachgeschalteten Komparatoren (7, 8), deren Schaltschwellen über den Testcontroller (3) und eine Referenzspannungsquelle (6) bestimmt werden, die positiven und negativen Kenngrößenabweichungen über ein OR-Gatter (9) an den RESET-Eingang eines Zählers (11) geschaltet werden, daß ein von dem Testcontroller (3) schaltbarer Taktgenerator (10) parallel den Zähler (11) und einen weiteren Zähler (12) steuert und daß deren Ausgänge mit dem Testcontroller (3) verbunden sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung ist für Hersteller und Anwender von Digital-Analog-Wandlern zur schnellen und präzisen Bestimmung der Einschwingzeit dieser Bauelemente einsetzbar. Speziell in der rechnergestützten Prüfung bieten sich nahezu ideale Einsatzmöglichkeiten an, um mit geringem zusätzlichem Hard- und Softwareaufwand den dynamischen Parameter Einschwingzeit zu ermitteln.

**Charakteristik des bekannten Standes der Technik**

Die Messung der Einschwingzeit erfolgt im Service mit Oszillographen und beinhaltet damit eine Reihe subjektiver Einflüsse auf das Meßergebnis, so daß eine Nutzung nur für qualitative Beurteilungen in Frage kommen sollte.

In „A Waveform Digitizer For Dynamic Testing Of High Speed Data Conversion Components“ von Halbert und Koen, gehalten auf der IEEE Int. Test Conference 1983, wird ein Meßverfahren für kleine Einschwingzeiten vorgestellt. Ein Testsignalgenerator liefert das Prüfsignal zum D-A-Wandler. Das Ausgangssignal des DUT wird dem invertierenden Eingang eines Komparators mit Latchfunktion aufgeschaltet. Eine programmierbare Verzögerung generiert ein Strobe-Signal, das den Komparatoreingang öffnet und einer nachgeschalteten Integratorschaltung zuführt. Die Abtastung des zu messenden Ausgangssignales erfolgt durch definierte Strobe-Signalführung zum Komparator, bis die Integratorausgangsspannung, die zum Referenzeingang des Komparators zurückgeführt wird, gleich dem Ausgangssignal des DUT (bzw. dessen Mittelwert infolge der Integration) ist. Die Auswertung erfolgt mit einem Prüfcontroller.

Im Patent AP 4758781 US „DA converter testing system“ wird die Einschwingzeit durch Oversamplingtechnik mit zwei Frequenzsynthesizern, zwei Präzisions-A-D-Wandlern, schnellen Speichern und extrem hohem Hardwareaufwand erreicht. In Zander, H.: Datenwandler; 1985 und Zander, H.: D-A-Wandler in der Praxis; 1985 wird eine Meßmethode für D-A-W mit Triggeranwendung vorgestellt. Ein Fehlerband wird durch zwei Differenzspannungen bereitgestellt ( $FS + .5 \text{ LSB}$  und  $FS - .5 \text{ LSB}$ ). Die Setzzeit wird aus dem Zeitpunkt des Umschaltens eines Triggers abgeleitet. Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird eine Zeitmessung vorgenommen, und die Setzzeit kann ermittelt werden. Dieses Meßverfahren weist entscheidende Nachteile auf: So ist die Realisierung der Triggerschwelle wegen der notwendigen hohen Genauigkeit problematisch. Ein Abgleich des Wertes Null für Verstärkungs- und Offsetfehler kann nicht durchgeführt werden. Der Skalenendwert ist außer der Ausgangsgröße des DAW mit einem Endwertfehler behaftet. Die Triggerschwellen müssen in einem Bereich digital steuerbar sein, um sie in automatischen Meßsystemen auf den fehlerbehafteten Endwert am Skalenende einzustellen. An das Triggerfenster werden ebenfalls höchste Anforderungen, insbesondere Übersteuerungsfestigkeit, gestellt. Die Verzögerungszeiten der Trigger müssen außerdem übersteuerungsunabhängig sein, um diesen Fehlereinfluß zu vermeiden. So wird bzw. bei einem Testsignalsprung von Null auf Full Scale bei einem 12-Bit-ADW der Trigger zu Beginn der Messung  $(2 \exp n) - 1$  fach übersteuert. Markantes Zeichen dieser Meßanordnung ist deshalb der aufgrund der Randbedingungen notwendige enorme Hardwareaufwand.

In Eckl, R.: AD- und DA-Wandler – ein Arbeitsbuch; 1988 werden oszillographische Verfahren zur Ermittlung der Setzzeit angegeben, die jedoch aufgrund des großen subjektiven Fehlers (Unsicherheit) heute nicht mehr relevant sind.

Eine weitere Methode basiert auf dem Prinzip des Oversampling. Dabei werden große Datenmengen gespeichert und nach definitionsgemäßen Eigenschaften untersucht. Kritisch ist dabei die notwendige Hardware, denn die Eigenschaften hochpräziser und ultraschneller ADW sowie hinlänglich große und sehr schnelle Speicher sind Voraussetzung für die Ermittlung kleiner Einschwingzeiten. Siehe AP 3713643 DE Verfahren zur Bestimmung von Zeitkonstanten und AP 292749 EP Verfahren zur Bestimmung der Parameter eines Verzögerungsgliedes.

In AP 3614597 DE Verfahren und Schaltungsanordnung zur A-D-Wandlung eines Gleichspannungssignales wird ein Verfahren dargestellt, das auf der Ermittlung der Größe eines Gleichspannungssignals bei überlagelter Wechselspannung basiert. Dazu wird das Wechselspannungssignal mit einer Störspannung und zusätzlich mit einer rechteckförmigen Wechselspannung überlagert. Durch die Amplitude der Rechteckspannung wird bestimmt, bei welcher Amplitude der überlagerten Störwechselspannung (z. B. Einschwingzeit) ein stabiles digitales Ausgangssignal erzeugt wird. Von erheblichem Nachteil ist der große Dynamikumfang des Eingangssignales, das von der Meßanordnung und insbesondere vom ADW verarbeitet werden muß.

### **Ziel der Erfindung**

Das Ziel der Erfindung ist es, mit einer Schaltungsanordnung unter Umgehung eines großen Soft- und Hardwareaufwandes den dynamischen Parameter Einschwingzeit bei DAW zu ermitteln. Die Konzeption der Schaltungsanordnung erlaubt den Einsatz von CA-Lösungen bei geringem applikativem Einsatz.

### **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung zum exakten Ermitteln der Einschwingzeit von Digital-Analog-Wandlern unter Echtzeitbedingungen mit geringem Soft- und Hardwareaufwand unter Umgehung hochgenauer Referenzwandler zu schaffen.

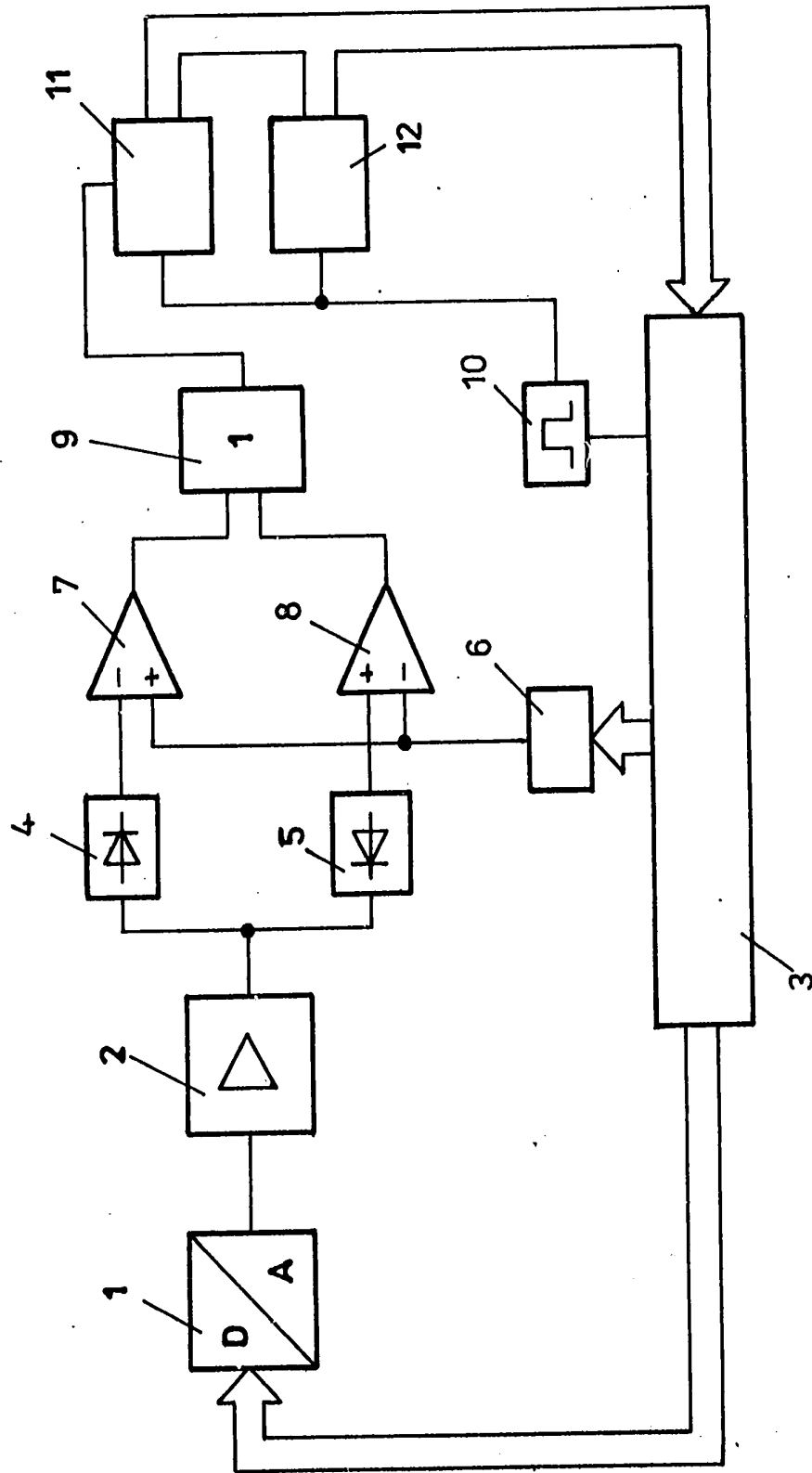
Erfindungsgemäß wird das erreicht, indem an den Eingang eines Prüflings mittels eines Testcontrollers ein Digitalwort angelegt wird. Die Prüflingsantwort wird über paritätsabhängige Trennschaltungen zerlegt. Der statische Endwert des Analogsignals und das charakteristische dynamische Einschwingverhalten werden so voneinander getrennt, daß eine singuläre Bewertung der positiven und negativen Kenngrößenabweichung vom statischen Endwert mittels zweier Komparatoren erfolgt. Jede positive oder negative Kenngrößenabweichung führt zur Erzeugung eines Set-Impulses über ein den Komparatoren nachgeschaltetes OR-Gatter. Ein Taktgenerator steuert zwei parallel geschaltete Zähler an. Auf einen ersten Zähler wird dabei der von der Selektionschaltung generierte Set-Impuls an den RESET-Eingang geführt, ein zweiter Zähler läuft vom Beginn der Prüfung mit und zählt dabei fortlaufend die vom Taktgenerator generierten Taktimpulse. Nach Ablauf einer vorab festgelegten Einschwingzeit werden der Taktgenerator gestoppt und die Differenz der beiden Zählerstände gebildet. Die so ermittelte Differenz liefert die Einschwingzeit des Prüflings und wird von dem Testcontroller ausgegeben.

### **Ausführungsbeispiel**

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung soll an einem Ausführungsbeispiel entsprechend der Figur erläutert werden. Der Prüfcontroller 3 liefert dem digitalen Eingang des zu prüfenden DAW 1 zum Startzeitpunkt einen digitalen Sprung. Die analoge Sprungantwort des DAW 1 ist eine um den Mittelwert periodisch abklingende Spannung. Die Einschwingzeit ist vergangen, wenn die analoge Ausgangsspannung des DAW einen definierten Toleranzbereich (üblicherweise  $\pm 0.5$  LSB) nicht mehr überschreitet.

In der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung wird das Ausgangssignal des DAW 1 durch einen Wechselspannungsverstärker 2 verstärkt und anschließend durch eine Trennschaltung 4 in den positiven Wechselspannungsanteil und durch eine Trennschaltung 5 in den negativen Wechselspannungsanteil aufgesplittet. Die Komparatoren 7 und 8 überwachen das Einhalten des von der Referenzspannungsquelle 6 festgelegten Toleranzfeldes im positiven bzw. negativen Bereich. Die Ausgänge der Komparatoren 7 und 8 sind auf ein OR-Gatter 9 geschaltet, dessen Ausgang damit das Überschreiten des Toleranzbereiches signalisiert.

Der in der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung enthaltene Taktgenerator 10 steuert die parallel geschalteten Zähler 11 und 12 an. Der Zähler 12 zählt dabei fortlaufend die im Taktgenerator 10 generierten Taktimpulse vom Startzeitpunkt an. Die Verknüpfung aus Komparator 7, Komparator 8 und OR-Gatter 9 liefert bei jedem Über- oder Unterschreiten des von der Referenzspannungsquelle 6 festgelegten Toleranzfeldes am RESET-Eingang des Zählers 11 einen diesen rücksetzenden Impuls. Nach Ablauf der festgelegten maximalen Einschwingzeit  $t_{max}$  wird durch den Testcontroller 3 der Meßvorgang und damit auch der Taktgenerator 10 gestoppt. Die Auswertung erfolgt, indem die Differenz der Zählerstände von Zähler 12 und Zähler 11 gebildet wird. Diese ermittelte Differenz liefert die Einschwingzeit des Prüflings und wird vom Testcontroller ausgegeben.



Figur 2