



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1225/91

(51) Int.Cl.⁵ : H03H 17/06

(22) Anmeldetag: 18. 6.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1993

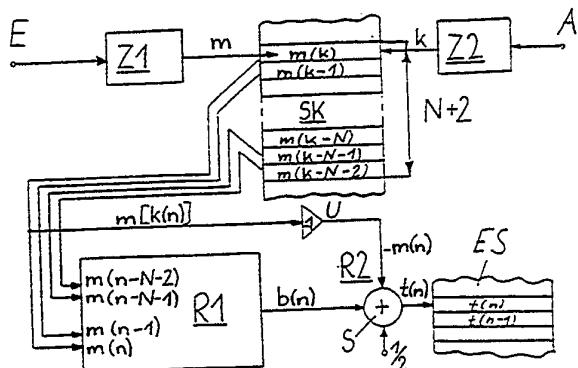
(45) Ausgabetag: 25. 8.1994

(73) Patentinhaber:

KRAKER ALFRED ING.
A-1030 WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER ZEITLICHEN ABSTÄNDE ZWISCHEN EIN- UND AUSGANGS-ABTASTZEITPUNKTEN
EINES DIGITAL-SIGNALUMSETZERS

(57) Verfahren zur Bestimmung der Zeit zwischen den Abtastzeitpunkten einer Eingangs- und einer Ausgangs-Zahlenfolge eines Digital-Signalumsetzers mittels je eines Zählers (Z1) für die Eingangs-Abtastintervalle und eines Zählers (Z2) für die Ausgangs-Abtastintervalle und mittels einer Speicherkette (SK), der die Zählerstände des ersten Zählers (Z1) als Dateninhalte und die Zählerstände des zweiten Zählers (Z2) als Adresse eingegeben werden. Das für die Zeitbestimmung erforderliche Verhältnis (f/f') der Ein- und Ausgangs-Abtastfrequenzen wird von einem Rechner (R1) mittels der einander zugeordneten Paare (k, m) von Adressen und Dateninhalten ermittelt und zwar unter Zugrundelegung einer linearen stochastischen Abhängigkeit zwischen Dateninhalten und Adressen in Form der Steigung einer Ausgleichsgeraden.



B
AT 398 015

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des zeitlichen Abstandes $t \cdot T$ ($0 \leq t \leq 1$) zwischen den Abtastzeitpunkten mT ($m = 0, 1, \dots$) einer Eingangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f = 1/T$ und den Abtast-Zeitpunkten kT' ($k = 0, 1, \dots$) einer Ausgangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f' = 1/T'$ eines Digital-Signalumsetzers, wobei die Glieder der Eingangs-Zahlenfolge $x(mT)$ ein ursprünglich analoges (Audio-)Signal zu den Abtastzeitpunkten mT repräsentieren und wobei unter Berücksichtigung des Abtasttheorems aus den Gliedern der Eingangs-Zahlenfolge jene zur Ausgangs-Abtastfrequenz f' gehörende digitale Signaldarstellung $x'(kT')$ als Ausgangs-Zahlenfolge durch Interpolation zu den Zeitpunkten $(m + t)T = kT'$ zu bestimmen ist.

Durch zeitlich aequidistante Abtastung eines kontinuierlichen Signales kann ein Abtastsignal gewonnen werden, das eine digitale Zahlenfolge ergibt, die dieses Signal vollständig repräsentiert. Da das Abtasttheorem nur verlangt, daß die Abtastfrequenz höher als die doppelte Grenzfrequenz des kontinuierlichen Signales sein muß, kann das Digitalsignal mit verschiedenen Abtastfrequenzen repräsentiert werden, weshalb sich oftmals die Notwendigkeit ergibt, (Audio-) Signale, die in digitaler Repräsentation als Zahlenfolge für eine bestimmte Abtastfrequenz vorliegen, in andere Zahlenfolgen umzusetzen, die einer anderen Abtastfrequenz zugeordnet sind.

Ein für eine solche Umsetzung vorzusehender Signalumsetzer muß daher ausgehend von den jeweils zuletzt empfangenen Eingangs-Abtastsignalen, die zwischengespeichert werden, eine Interpolationsrechnung zur Ermittlung des beim nächsten Ausgangs-Abtastzeitpunkt zu erwartenden Wertes des Ausgangssignals durchführen und dann ausgeben. Hierzu ist jedoch die Kenntnis der Zeitdifferenz zwischen dem jeweiligen betrachteten Eingangs-Abtastzeitpunkt und dem zugehörigen Zeitpunkt der Abtastung des nächsten Ausgangssignals erforderlich.

Die Erfindung bedient sich zur Ermittlung dieser Zeitdifferenz eines Verfahrens, das dadurch gekennzeichnet ist, daß ein erster zyklischer Zähler dessen Zählerstand (m) jeweils zu Beginn eines neuen Eingangs-Abtastintervales um eins erhöht wird und ein zweiter zyklischer Zähler, dessen Zählerstand (k) jeweils zu Beginn eines neuen Ausgangs-Abtastintervales um eins erhöht wird, vorgesehen sind und daß weiters eine zyklische, im Rhythmus der Ausgangs-Abtastfrequenz (f') adressierte Speicherkette vorgesehen ist, in deren Speicher der Reihe nach die Zählerstände (m) des ersten Zählers als Dateninhalte und die zugehörigen Zählerstände (k) des zweiten Zählers als Adressen eingegeben bzw. angelegt werden und daß weiters zur laufenden regressiven Errechnung des jeweiligen (schwankenden) Verhältnisses (f/f') der Ein- und Ausgangs-Abtastfrequenzen unter Zugrundelegung einer linearen, stochastischen Abhängigkeit zwischen Dateninhalten und Adressen in Form der Steigung einer Ausgleichsgeraden ein erster Rechner vorgesehen ist, dem die einander zugeordneten Paare (k, m) von Adressen und Dateninhalten aus der Schiebespeicherkette zugeführt werden und daß schließlich ein zweiter Rechner vorgesehen ist, der aus dem jeweils errechneten Verhältnis (f/f') den zeitlichen Abstand ($t \cdot T$) für die Ermittlung des nächsten Wertes der Ausgangszahlenfolge zur Verfügung stellt.

Die Erfindung geht hierbei von der folgenden Überlegung aus:

Wenn die Abtastpunkte zweier Abtastfolgen mit verschiedenen Abtastfrequenzen mit fortlaufenden Nummern (Indexzahlen) versehen werden und diese Indexzahlen in ihrer natürlichen (d.h. auch zeitlichen) Reihenfolge einander (in Form einer Tabelle) gegenübergestellt werden, so ergeben sich periodische Zahlenkonstellationen ähnlich den Interferenzperioden der bei der Überlagerung zweier verschieden frequenter Schwingungen auftretenden Schwebungen. Im speziellen werden diese statistischen Gesetzmäßigkeiten in den Zahlenkonstellationen die die jeweiligen schwankenden Verhältnisse (f/f') der Ein- und Ausgangs-Abtastfrequenzen repräsentieren, durch laufende regressiven Errechnung ermittelt. Hierbei werden die jeweils vorliegenden geordneten Paare (k, m) der Zählerstände als Adresse k und als Dateninhalt $m(k)$ einer Speicherzelle verwendet. Der erste Rechner setzt die Zahlen k, m der zugeordneten Zahlenpaare als Punkt-Koordinaten in einem kartesischen Koordinatensystem ein, in weichem also jedem Zahlenpaar ein Punkt entspricht. In jedem Abtastzeitpunkt repräsentieren die jeweils gespeicherten Speicheradressen k und Speicherinhalte m eine Menge von N Punkten, wobei N eine vorgegebene ausreichend große Zahl ist. Diese N Punkte bilden eine im wesentlichen längs einer Geraden liegende Punktmenge, deren Steigung das jeweilig schwankende Verhältnis (f/f') der Ein- und Ausgangs-Abtastfrequenzen abbildet.

Der Umstand, daß bei den Abtastungen im allgemeinen die eingehenden als auch die abgehenden Glieder der Zahlenfolgen nicht zu exakt gleichen Zeitpunkten gehören, haben zur Folge, daß die Punkte in dem $k-m$ -Koordinatensystem nicht exakt, sondern nur angenähert auf Geraden liegen. Man kann daher in diesem Zusammenhang von "Punktwolken" sprechen, die durch die Schwankungen von einem Abtastzeitpunkt zum anderen entstehen und innerhalb derer die gesuchte Gerade als Ausgleichsgerade unter Zugrundelegung einer linearen stochastischen Abhängigkeit zwischen den Dateninhalten und den Adressen der Schiebespeicherkette gewonnen wird.

Ein zweiter Rechner stellt dann aus dem errechneten Verhältnis (f/f'), das der Steigung der Ausgleichsgeraden entspricht, den zeitlichen Abstand für die Ermittlung des nächsten Wertes der Ausgangszahlenfolge zur Verfügung.

- Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung kann an Stelle einer in einem Rechner durchgeföhrten Berechnung der Parameter einer Ausgleichsgeraden ein digitales Tiefpaßfilter vorgesehen sein, dessen Eingangssignal $m(k)$ gleich dem Zählerstand des ersten zyklischen Zählers ist und dessen Ausgangssignal den zeitlichen Abstand ($t \cdot T$) für die Ermittlung des nächsten Wertes der Ausgangszahlenfolge zur Verfügung stellt.

- Da die Zählkapazität von Zählern beschränkt ist, sind gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung die zyklischen Zähler bei Erreichen ihrer Höchstzählerstände rücksetzbar ausgebildet, wobei in der nachfolgenden Rechnung ein Ausgleich der dadurch entstehenden Zählerstands-Differenzen vorgesehen ist.

Zur Ermittlung des Verhältnisses (f/f') und daraus des Interpolationszeitpunktes ($(m+t)T = kT'$), können auch nur die ersten und letzten beiden Speicherinhalte der Speicherkette SK herangezogen werden, was einem weiteren Merkmal der Erfindung entspricht.

- Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 der Zeichnung dargestellt, während Fig. 2 ein Diagramm mit den für die Rechnung erforderlichen Parametern zeigt.

- Mit Z1 und Z2 sind zwei zyklische Zähler bezeichnet, von denen der erste im Rhythmus des Eingangs-Abtastaktes mit der Abtastfrequenz f , der am Eingang E des Zählers Z1 anliegt, jeweils um eine Zählerseinheit weitergeschaltet wird. Der Ausgangswert k des Zählers Z2 bestimmt die Adresse jeweils eines Speichers einer ebenfalls zyklischen Schiebespeicherkette SK.

- Der zweite zyklische Zähler Z2 empfängt dabei jeweils zu Beginn eines neuen Ausgangs-Abtastintervalls seine Zählimpulse im Takt der Ausgangs-Abtastfrequenz f' an seinem Eingang A und liefert seinen jeweiligen Zählerstand k immer zu Beginn eines neuen Ausgangs-Abtastintervales als Adresse an den jeweils vom Zähler Z1 aktivierten und mit dessen Zählerstand m als Dateninhalt versehenen Speichers der Speicherkette SK.

- Mit R1 ist ein erster Rechner bezeichnet, dem die einander zugeordneten Paare (k, m) von Adressen und Dateninhalten aus der Schiebespeicherkette SK zugeführt werden. Unter Zugrundelegung einer linearen stochastischen Abhängigkeit zwischen den Dateninhalten m und den Adressen k einer vorgegebenen Anzahl $N+2$ von Speichern der Speicherkette SK ermittelt der Rechner R1 die Steigung einer Ausgleichsgeraden im k - m -Koordinatensystem aus der Menge von N solcherart gewonnenen Punkten. Hierbei ist es unter Umständen möglich, auf eine gewisse Anzahl von Punkten zu verzichten, insbesondere kann das Ergebnis mit hinreichender Genauigkeit auch dann gewonnen werden, wenn nur die beiden ersten und die beiden letzten Speicherwerte des Speicherbereiches ausgewertet werden.

- Es läßt sich nachweisen, daß der jeweils gesuchte Abstand $t \cdot T$ ($0 \leq t \leq 1$) zwischen den Abtastzeitpunkten mT ($m = 0, 1, \dots$) der Eingangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f = 1/T$ und den Abtast-Zeitpunkten kT' ($k = 0, 1, \dots$) der Ausgangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f' = 1/T'$ mittels einer linearen Gleichung errechnen läßt. Hierbei ergibt sich für irgend ein Zählintervall, das mit dem Index n bezeichnet ist, die folgende Bezeichnung:

- $t(n) = b(n) + \frac{1}{2} - m(n)$, wobei

$$b(n) = \frac{2}{N+2} \cdot \frac{1}{N+1} \cdot \sum_{a=0}^N (1+2N-3a)m(n-a)$$

ist.

Aus dem letzgenannten Ausdruck $b(n)$ läßt sich leicht der auf nur vier Speicherwerte $m(n-N-2)$, $m(n-N-1)$, $m(n-1)$ und $m(n)$ reduzierte Ausdruck für $b(n)$ ermitteln.

- Ein zweiter Rechner R2 dient der Errechnung des Wertes $t(n)$ und ist im einzelnen durch seine Elemente dargestellt. Ein Summierglied S addiert zu dem vom Rechner R1 gewonnenen Ausdruck $b(n)$ den Wert $1/2$ sowie den durch ein Umkehrglied U aus dem Speicherwert $m(k)$ zum Zeitpunkt n gewonnenen Wert $-m(n)$. Das vom Summierglied S gewonnene Ergebnis $t(n)$ wird zur Weiterverwertung einem Ergebnisspeicher ES zugeführt.

- In Fig. 2 ist mit AS das durch die Abtastwerte repräsentierte Audiosignal als Funktion der Zeit dargestellt. Von den gegebenen Abtastwerten sind die zu den Zeitpunkten $(m-1)T$, mT und $(m+1)T$ gemessenen Abtastwerte eingezeichnet. Die zwischen diesen Werten liegenden, zu interpolierenden Abtastwerten sind die für die Zeitpunkte $(k-1)T'$ und kT' zu errechnenden mit strichlierten Linien dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des zeitlichen Abstandes $t \cdot T$ ($0 \leq t \leq 1$) zwischen den Abtastzeitpunkten mT ($m = 0, 1, \dots$) einer Eingangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f = 1/T$ und den Abtast-Zeitpunkten kT' ($k = 0, 1, \dots$) einer Ausgangs-Zahlenfolge mit der Abtastfrequenz $f' = 1/T'$ eines Digital-Signalumsetzers, wobei die Glieder der Eingangs-Zahlenfolge $x(mT)$ ein ursprünglich analoges (Audio-) Signal zu den Abtastzeitpunkten mT repräsentieren und wobei unter Berücksichtigung des Abtasttheorems aus den Gliedern der Eingangs-Zahlenfolge jene zur Ausgangs-Abtastfrequenz f' gehörende digitale Signaldarstellung $x'(kT')$ als Ausgangs-Zahlenfolge durch Interpolation zu den Zeitpunkten $(m + t)T = kT'$ zu bestimmen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zählerstand (m) eines ersten zyklischen Zählers ($Z1$) jeweils zu Beginn eines neuen Eingangs-Abtastintervales und der Zählerstand (k) eines zweiten zyklischen Zählers ($Z2$) jeweils zu Beginn eines neuen Ausgangs-Abtastintervales um eins erhöht wird, und daß weiters im Speicher einer zyklischen, im Rhythmus der Ausgangs-Abtastfrequenz (f') adressierten Speicherkette (SK) der Reihe nach die Zählerstände (m) des ersten Zählers ($Z1$) als Dateninhalte und die zugehörigen Zählerstände (k) des zweiten Zählers ($Z2$) als Adressen eingegeben bzw. angelegt werden und daß weiters zur laufenden regressiven Berechnung des jeweiligen (schwankenden) Verhältnisses (f/f') der Ein- und Ausgangs-Abtastfrequenzen unter Zugrundelegung einer linearen, stochastischen Abhängigkeit zwischen Dateninhalten und Adressen in Form der Steigung einer Ausgleichsgeraden einem ersten Rechner (R1) die einander zugeordneten Paare (k, m) von Adressen und Dateninhalten aus der Schiebespeicherkette (SK) zugeführt werden und daß schließlich ein zweiter Rechner (R2) aus dem jeweils errechneten Verhältnis (f/f') den zeitlichen Abstand ($t \cdot T$) für die Ermittlung des nächsten Wertes der Ausgangszahlenfolge berechnet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß an Stelle einer in einem Rechner durchgeführten Berechnung der Parameter einer Ausgleichsgeraden, ein digitales Tiefpaßfilter verwendet wird, dessen Eingangssignal $m(k)$ gleich dem Zählerstand des ersten zyklischen Zählers ($Z1$) ist und dessen Ausgangssignal den zeitlichen Abstand ($t \cdot T$) für die Ermittlung des nächsten Wertes der Ausgangszahlenfolge zur Verfügung stellt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zyklischen Zähler ($Z1, Z2$) bei Erreichen ihrer Höchst-Zählerstände rücksetzbar sind, wobei in der nachfolgenden Rechnung die dadurch entstehenden Zählerstands-Differenzen ausgeglichen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß nur die ersten beiden und letzten beiden Speicherwerte der Schiebespeicherkette (SK) für die regressiven Errechnung des jeweiligen Verhältnisses (f/f') herangezogen werden.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

40

45

50

55

Ausgegeben
Blatt 1

25. 8.1994

Int. Cl.^s : H03H 17/06

Fig.1

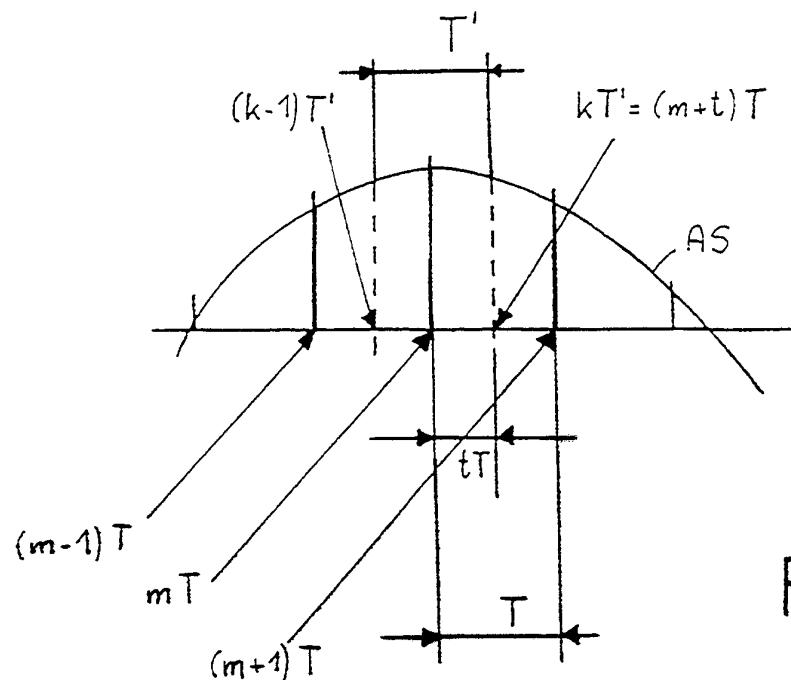
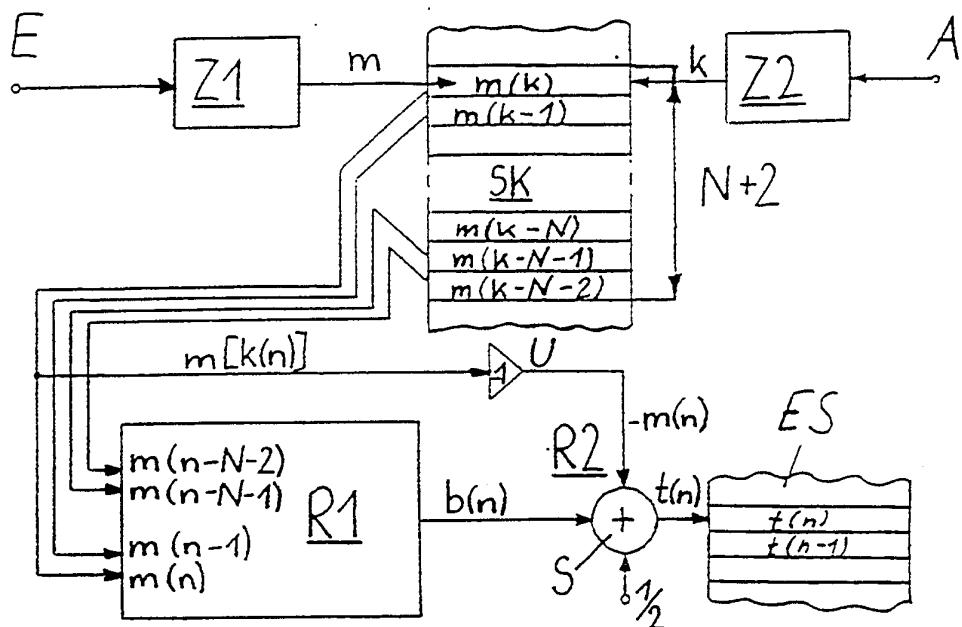


Fig.2