(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 562 088 A2

# (12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
**10.08.2005 Patentblatt 2005/32**

(51) Int Cl.[7]: **G04G 5/00**

(21) Anmeldenummer: **05002094.0**

(22) Anmeldetag: **02.02.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
**AL BA HR LV MK YU**

(30) Priorität: **04.02.2004 DE 102004005340**

(71) Anmelder: **ATMEL Germany GmbH**
**74072 Heilbronn (DE)**

(72) Erfinder: **Häfner, Horst, Dipl.-Ing.**
**74080 Heilbronn (DE)**

## (54) Verfahren zur Gewinnung von Zeitinformationen, Empfängerschaltung und Funkuhr

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Zeitinformationen aus empfangenen, amplitudenmodulierten Zeitzeichensignalen, welche aus einer Vielzahl von Zeitrahmen konstanter Dauer bestehen, wobei die Zeitinformation bitweise vorliegt, wobei jeweils einem Zeitrahmen zumindest ein Datenbit zugeordnet ist, mit den Verfahrensschritten:

(a) Empfangen des gesendeten Zeitzeichensignals durch einen Empfänger;

(b) Auswerten der empfangenen Zeitzeichensignale durch den Empfänger zur Gewinnung der Zeitinformation;

(c) Ausgeben eines einem jeweiligen Zeitrahmen (zugeordneten einzelnen Datenbits am Ende oder unmittelbar nach dem Ende des jeweiligen Zeitrahmens. (Patentanspruch 1)

Die Erfindung betrifft ferner eine Empfängerschaltung für eine Funkuhr sowie eine Funkuhr mit einer solchen Empfängeranordnung.

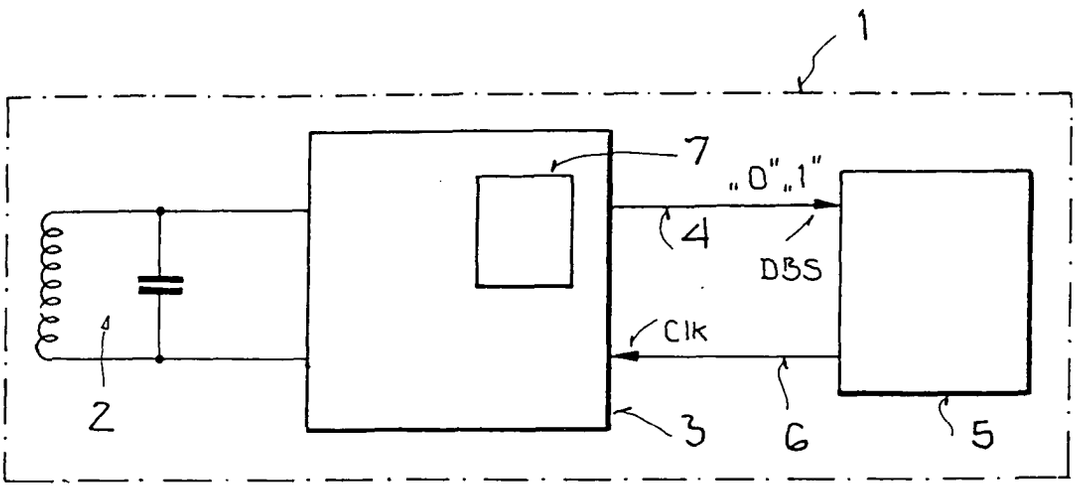


FIG.3

EP 1 562 088 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Zeitinformationen aus empfangenen, amplitudenmodulierten Zeitzeichensignalen. Die Erfindung betrifft ferner eine Funkuhr bzw. eine Empfängerschaltung für eine Funkuhr, insbesondere zur Durchführung dieses Verfahrens.

**[0002]** Die funkgesteuerte Übertragung von Zeitinformationen erfolgt mittels so genannter Zeitzeichensignale, die von entsprechenden Sendern - nachfolgend kurz als Zeitzeichensender bezeichnet - ausgesendet werden. Unter einem Zeitzeichensignal soll ein Sendersignal kurzer Dauer verstanden werden, dem die Aufgabe zukommt, die von einem Sender bereitgestellte Zeitreferenz zu übertragen. Es handelt sich dabei um eine Modulationsschwingung mit meist mehreren Zeitmarken, die demoduliert lediglich einen Impuls darstellen, der die ausgesendete Zeitreferenz mit einer bestimmten Unsicherheit reproduziert.

**[0003]** Die deutsche Langwellensendestation DCF-77 sendet gesteuert durch Atomuhren im Dauerbetrieb Amplituden-modulierte Langwellenzeitsignale nach der amtlichen Atomzeitskala MEZ mit einer Leistung von 50 KW auf der Frequenz 77,5 KHz. In anderen Ländern existieren ähnliche Sender, die Zeitinformationen auf einer Langwellenfrequenz im Bereich zwischen 40 bis 120 KHz aussenden. Alle genannten Länder verwenden für die Übertragung der Zeitinformation jeweils ein Minutentelegramm, das genau eine Minute lang ist.

**[0004]** Figur 1 zeigt das mit Bezugszeichen A bezeichnete Codierungsschema (Telegramm) der codierten Zeitinformation im Falle des deutschen Zeitzeichensenders DCF-77. Das Codierungsschema besteht vorliegend aus 59 Bits, wobei jeweils 1 Bit einer Sekunde des Zeitrahmens entspricht. Im Verlauf einer Minute kann damit ein so genanntes Zeitzeichen-Telegramm übertragen werden, das in binär verschlüsselter Form insbesondere eine Information zu Zeit und Datum enthält. Die ersten 15 Bits B enthalten eine allgemeine Codierung, die zum Beispiel Betriebsinformationen enthalten. Die nächsten 5 Bits C enthalten allgemeine Informationen. So bezeichnet R das Antennenbit, A1 bezeichnet ein Ankündigungsbit für den Übergang der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) zur mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) und zurück, Z1, Z2 bezeichnen Zonenzeitbits, A2 bezeichnet ein Ankündigungsbit für eine Schaltsekunde und S bezeichnet ein Startbit der codierten Zeitinformationen. Ab dem 21. Bit bis zum 59. Bit werden die Zeit- und Datumsinformationen im BCD-Code übertragen, wobei die Daten jeweils für die darauf folgende Minute gelten. Dabei enthalten die Bits im Bereich D Informationen über die Minute, im Bereich E Informationen über die Stunde, im Bereich F Informationen über den Kalendertag, im Bereich G Informationen über den Tag der Woche, im Bereich H Informationen über das Monat und im Bereich I Informationen über das Kalenderjahr. Diese Informationen liegen bitweise in codierter Form vor. Jeweils am Ende der Bereiche D, E und I sind so genannte Prüf-Bits P1, P2, P3 vorgesehen. Das sechzigste Bit des Telegramms ist nicht belegt und dient dem Zweck, den Beginn des nächsten Rahmens anzuzeigen. M bezeichnet die Minutenmarke und damit den Beginn des Zeitzeichentelegramms.

**[0005]** Die Struktur und die Bit-Belegung des in Figur 1 dargestellten Codierungsschemas zur Übermittlung von Zeitzeichensignalen ist allgemein bekannt und beispielsweise in dem Artikel von Peter Hetzel, "Zeitinformation und Normalfrequenz", in Telekom Praxis, Band 1, 1993 beschrieben.

**[0006]** Die Übertragung der Zeitzeicheninformation erfolgt Amplituden-moduliert mittels einzelner Sekundenmarken. Die Modulation besteht aus einer Absenkung X1, X2 (oder einer Anhebung) des Trägersignals X zu Beginn jeder Sekunde, wobei zu Beginn jeder Sekunde - mit Ausnahme der neunundfünfzigsten Sekunde jeder Minute - im Falle eines vom DCF-77 Sender ausgesendeten Zeitzeichensignals die Trägeramplitude für die Dauer von 0,1 Sekunden X1 oder für die Dauer von 0,2 Sekunden X2 auf etwa 25% der Amplitude abgesenkt wird. Diese Absenkungen X1, X2 unterschiedlicher Dauer definieren jeweils Sekundenmarken bzw. in dekodierter Form Datenbits. Diese unterschiedliche Dauer der Sekundenmarken dient der binären Codierung von Uhrzeit und Datum, wobei Sekundenmarken mit einer Dauer von 0,1 Sekunden X1 der binären "0" und solche mit einer Dauer von 0,2 Sekunden X2 der binären "1" entsprechen. Durch das Fehlen der sechzigsten Sekundenmarke wird die nächstfolgende Minutenmarke angekündigt. In Kombination mit der jeweiligen Sekunde ist dann eine Auswertung der vom Zeitzeichensender gesendeten Zeitinformation möglich. Figur 2 zeigt anhand eines Beispiels einen Ausschnitt eines solchen Amplituden-modulierten Zeitzeichensignals. Die Auswertung der genauen Zeit und des genauen Datums ist allerdings nur dann möglich, wenn die 59 Sekundenbits einer Minute eindeutig erkannt werden und somit jedem dieser Sekundenmarken jeweils eindeutig eine "0" oder eine "1" zugeordnet werden kann.

**[0007]** Zum allgemeinen Hintergrund von Funkuhren und Empfängerschaltungen zum Empfang von Zeitzeichensignalen wird auf die DE 198 08 431 A1, die DE 43 19 946 A1, die DE 43 04 321 C2, die DE 42 37 112 A1 und die DE 42 33 126 A1 verwiesen. Hinsichtlich der Informationsgewinnung und - verarbeitung von Zeitinformationen aus Zeitzeichensignalen wird auf die DE 195 14 031 C2, die DE 37 33 965 C2 und die EP 042 913 B1 verwiesen.

**[0008]** Herkömmliche Zeitzeichenempfänger für Funkuhren, wie sie beispielsweise in der deutschen Patentschrift DE 35 16 810 C2 beschrieben sind, empfangen ein von einem Zeitzeichensender ausgestrahltes, amplitudenmoduliertes Zeitzeichensignal. Das empfangene Zeitzeichensignal wird demoduliert und in Form unterschiedlich langer Impulse - den so genannten Sekundenimpulsen oder Sekundenmarken - ausgegeben.

Dies geschieht in Echtzeit, das heißt pro Sekunde und damit pro Zeitrahmen des Zeitzeichentelegramms wird abhängig von der codierten Information ein unterschiedlich langer Sekundenimpulse erzeugt (siehe Figur 2) und am Ausgang des Empfängers bereit gestellt. Das demodulierte Zeitzeichensignal wird vom Zeitzeichensender einem nachgeschalteten Mikrocontroller zugeführt, der die im Zeitzeichensignal enthaltenen Zeitinformationen dekodiert, indem die Sekundenimpulse ausgewertet werden. Dabei wird jedem Sekundenimpuls ein Datenbit zugeordnet. Der Mikrocontroller nimmt in der Folge nun alle Datenbits einer Minute auf, wobei die aufgenommenen Datenbits in einer eigens dafür vorgesehenen Speichereinrichtung im Mikrocontroller zwischengespeichert werden. Liegen sämtliche Datenbits eines Minutentelegramms des gesendeten Zeitzeichensignals vor, dann liest der Mikrocontroller die zwischengespeicherten Datenbits aus und errechnet daraus die korrekte Uhrzeit und das korrekte Datum.

**[0009]** Zur Dekodierung der Zeitzeichensignale wird in der Funkuhr ein Mikrocontroller verwendet. Dieser dem Zeitzeichenempfänger nachgeschaltete Mikrocontroller ist aus Kostengründen typischerweise als 4-Bit-Mikrocontroller ausgebildet und weist ebenfalls aus Kostengründen typischerweise einen sehr geringen Speicher von etwa 2 KByte auf. Dieser Speicher wird zum größten Teil für die Zwischenspeicherung der dekodierten Datenbits sowie für das Programm des Mikrocontrollers verwendet, welches wiederum zum größten Teil der Behandlung von Störungen und unterschiedlichen Sekundenimpulsen dient. Der Mikrocontroller ist bei heutigen Funkuhranwendungen daher nahezu vollständig damit ausgelastet, die empfangenen Sekundenimpulse zu dekodieren und dabei gegebenenfalls dem Zeitzeichensignal überlagerte Störsignale zu behandeln. Die ohnehin begrenzten Rechenressourcen des Mikrocontrollers stehen in dieser Zeit nicht oder nur eingeschränkt anderen Aufgaben zur Verfügung.

**[0010]** Aus diesen Gründen geht die Tendenz bei zukünftigen Funkuhren dahin, den Mikrocontroller, was dessen Rechenaufwand betrifft, zu entlasten. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Auswertung und Dekodierung der im Zeitzeichensignal enthaltenen Zeitinformation nicht mehr vom Mikrocontroller selbst vorgenommen wird, sondern von dem Zeitzeichenempfänger. Dieser Zeitzeichenempfänger weist daher eine eigens dafür vorgesehene Zeitinformationsentnahmeeinrichtung auf, die dazu ausgelegt ist, die im demodulierten Zeitzeichensignal enthaltene bitweise Zeitinformation zu entnehmen. Die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung dekodiert die verschiedenen Sekundenimpulse und weist jedem Sekundenimpuls ein Datenbit zu. Die einzelnen Datenbits werden in einem eigens dafür vorgesehenen Speicher in dem Empfänger zwischengespeichert. Liegen alle Datenbits eines Minutentelegramms vor, dann werden diese aus dem Speicher ausgelesen und in einem Verfahrensschritt an den Mikrocontroller übertragen. Im Mikrocontroller werden diese Datenbits wiederum zwischengespeichert. Zur Berechnung der genauen Uhrzeit und des genauen Datums werden diese im Mikrocontroller abgespeicherten Datenbits bedarfsgemäß erneut ausgelesen.

**[0011]** Ein derartiger Zeitzeichenempfänger bzw. eine mit einem solchen Zeitzeichenempfänger ausgestattete Funkuhr ist in der noch nicht offengelegten deutschen Patentanmeldung Nr. 103 34990.1 beschrieben.

**[0012]** Eine solche Empfängerschaltung weist allerdings einen relativ großen Speicher zur Abspeicherung aller 59 bzw. 60 Datenbits eines Minutenprotokolls auf. Der als integrierte Schaltung ausgebildete Zeitzeichenempfänger ist daher schaltungstechnisch relativ aufwändig.

**[0013]** Weiterhin ist problematisch, dass die Reaktionszeit zwischen einem Einschalten und der ersten Reaktion des Zeitzeichenempfänger relativ lang ist, da frühestens nach Beendigung eines vollständigen Minutenprotokolls die entsprechenden Datenbits an den Mikrocontroller übertragen werden können.

**[0014]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine insbesondere schaltungstechnisch vereinfachte Empfängerschaltung sowie ein Verfahren zum Betreiben dieser Empfängerschaltung bereitzustellen, die zudem den Mikrocontroller bestmöglichst entlasten.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch eine Empfängerschaltung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 17 sowie durch eine Funkuhr mit den Merkmalen des Patentanspruchs 26 gelöst.

**[0016]** Demgemäß ist vorgesehen:

- Ein Verfahren zur Gewinnung von Zeitinformationen aus empfangenen, amplitudenmodulierten Zeitzeichensignalen, welche aus einer Vielzahl von Zeitrahmen konstanter Dauer bestehen, wobei die Zeitinformation bitweise vorliegt und wobei jeweils einem Zeitrahmen zumindest ein Datenbit zugeordnet ist, mit den Verfahrensschritten:

  (a) Empfangen des gesendeten Zeitzeichensignals durch einen Empfänger;
  (b) Auswerten der empfangenen Zeitzeichensignale durch den Empfänger zur Gewinnung der Zeitinformation;
  (c) Ausgeben eines einem jeweiligen Zeitrahmen (zugeordneten einzelnen Datenbits am Ende oder unmittelbar nach dem Ende des jeweiligen Zeitrahmens. (Patentanspruch 1)

- Eine Empfängerschaltung für eine Funkuhr zum Empfangen und zum Gewinnen von Zeitinformationen aus von einem Zeitzeichensender gesendeten Zeitzeichensignalen, insbesondere unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einer Empfangsantenne zum Aufnehmen der gesendeten Zeitzeichensignale, mit einer Zeitinformati-

onsentnahmeeinrichtung zur Entnahme der im Zeitzeichensignal enthaltenen Zeitinformation, mit einer Ausgabeeinrichtung, die am Ende oder unmittelbar nach dem Ende des jeweiligen Zeitrahmens ausgangsseitig das diesem Zeitrahmen zugeordnete, dekodierte Datenbit bereit stellt. (Patentanspruch 17)

- Eine Funkuhr mit einer erfindungsgemäßen Empfängeranordnung zum Empfang von Zeitzeichensignalen, mit einer Speichereinrichtung, in der die von der Empfängerschaltung bereit gestellten Datenbits nacheinander ablegbar sind, mit einer programmgesteuerten Einrichtung, welche bei Vorhandensein einer Anzahl von abgespeicherten Datenbits, die einem vollständigen Minutentelegramm des empfangenen Zeitzeichensignals entspricht, diese aus der Speichereinrichtung ausliest und daraus ein Zeitsignal berechnet, mit einer autonomen Uhr, die anhand des berechneten Zeitsignals die genaue Uhrzeit und/oder das genaue Datum ausgibt. (Patentanspruch 26)

**[0017]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

**[0018]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass im Empfänger, der unter anderem der Auswertung (Dekodierung) der empfangenen Zeitzeichensignale dient, die in Folge der Auswertung gewonnenen Datenbits nicht notwendigerweise gespeichert werden müssen und nicht erst bei Vorliegen einer der Anzahl eines vollständigen Minutentelegramms entsprechenden Anzahl der Datenbits an einen nachgeschalteten Mikroprozessor übertragen werden müssen. Die Idee der Erfindung besteht darin, dass der Empfänger das Zeitzeichensignal auswertet und daraus die entsprechenden Datenbits gewinnt. Sobald ein einem jeweiligen Zeitrahmen zugeordnetes Datenbit durch empfängerseitige Dekodierung des Zeitzeichensignals vorliegt, wird dieses unmittelbar nach der Dekodierung einzeln ausgegeben. Dabei können die einzelnen Datenbits entweder unmittelbar einem nachgeschalteten Mikroprozessor zugeführt werden oder alternativ in einem Pufferspeicher zwischengespeichert werden.

**[0019]** Bereits am Ende oder unmittelbar nach dem Ende eines jeden empfangenen Sekundenimpulses bzw. Zeitrahmen wird die in diesem Sekundenimpuls enthaltene Zeitinformation automatisch an einen nachgeschalteten Mikroprozessor oder an dessen Speichereinrichtung übertragen. Da der Mikroprozessor ohnehin eine Speichereinrichtung zur Abspeicherung aller Datenbits eines Minutentelegramms benötigt, ist kein zusätzlicher prozessorseitiger Schaltungsaufwand erforderlich, jedoch kann vorteilhafterweise der empfängerseitige Schaltungsaufwand für die Speichereinrichtung weitestgehend entfallen.

**[0020]** Der besondere Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, dass die einzelnen, im Empfänger durch Dekodierung gewonnenen Datenbits nicht mehr in einem entsprechenden Speicher in der Empfängerschaltung abgelegt werden müssen. Auf diese Weise ist der empfängerseitige Schaltungsaufwand signifikant reduziert. Die Chipfläche der Empfängerschaltung kann damit in entsprechender Weise reduziert werden, wodurch die Empfängerschaltung und darüber hinaus die gesamte Funkuhr kostengünstiger hergestellt werden kann. Bei im Wesentlichen funktionsgleichen Schaltungsteilen und Produkten, wie das bei Funkuhren der Fall ist, ist dies ein sehr großer Wettbewerbsvorteil gegenüber Konkurrenzprodukten.

**[0021]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass auch die Anzahl der benötigten externen Anschlüsse (PINs) reduziert werden kann, da insbesondere ein Anschluss zur Anforderung der Daten (engl.: data request) sowie ein Anschluss zum Signalisieren, das im Speicher gültige Daten anliegen (engl.: data ready), nicht mehr erforderlich sind. Ferner lässt sich der Systemtakt des Mikroprozessors als Auslesetakt der gewonnenen Datenbits verwenden.

**[0022]** Besonders vorteilhaft ist ferner, dass die Reaktionszeit des Funkuhrempfängers deutlich reduziert wird, da die entsprechend dekodierten Datenbits kontinuierlich gesendet werden und nicht erst gewartet werden muss, bis ein vollständiges Minutenprotokoll von der Empfängerschaltung bereitgestellt wird.

**[0023]** Einer ersten Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens zufolge erfolgt die Übertragung eines einzelnen Datenbits noch innerhalb des Zeitrahmens, der dem jeweiligen Datenbit zugeordnet ist. Dies ist deshalb möglich, da die innerhalb eines Zeitrahmens vorhandene Zeitinformation - also der entsprechende Sekundenimpuls - typischerweise durch eine Änderung der Amplitude am Anfang des jeweiligen Zeitzeichensignals vorgegeben ist. Am Ende eines Zeitrahmens ist typischerweise - jedoch nicht notwendigerweise - keine Zeitinformation im Zeitzeichensignal enthalten. Beispielsweise enthält das deutsche DCF-77 Zeitzeichensignal 100 msec dauernde und 200 msec dauernde Absenkungen der Amplitude (Sekundenimpulse), die sich unmittelbar zu Beginn eines jeweils 1000 msec dauernden Zeitrahmens befinden. Die Auswerteeinrichtung des Empfängers hat somit im ersteren Falle 900 msec und im zweiteren Falle 800 msec Zeit, die durch Amplitudenmodulation in diesem Zeitrahmen enthaltene Information auszuwerten, zu dekodieren und in Form von Datenbits noch innerhalb dieses Zeitrahmens auszugeben.

**[0024]** Einer zweiten Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens zufolge erfolgt die Übertragung eines einem jeweiligen Zeitrahmen zugeordneten Datenbits während eines diesem Zeitrahmen nachfolgenden Zeitrahmens. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn das jeweilige Datenbit während dem unmittelbar nachfolgenden Zeitrahmen, insbesondere zu Beginn des un-

mittelbar nachfolgenden Zeitrahmens, übertragen wird.

**[0025]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird das einem jeweiligen Zeitrahmen zugeordnete Datenbit zu einem fest vorgegebenen Referenzzeitpunkt - bezogen auf einen Zeitrahmen - übertragen. Ein solcher fest vorgegebene Referenzzeitpunkt kann zum Beispiel einen Sekundenbeginn eines jeweiligen Zeitrahmens bezeichnen. Zusätzlich oder alternativ kann der vorgegebene Referenzzeitpunkt auch eine ansteigende oder eine abfallende Flanke des Zeitzeichensignals bezeichnen. Im Falle eines DCF-77 Zeitzeichensignals bezeichnet zum Beispiel eine abfallende Flanke des Zeitzeichensignals gleichzeitig das Ende eines Zeitrahmens sowie den Sekundenbeginn des jeweils nachfolgenden Zeitrahmens.

**[0026]** In einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Zeitpunkte der Übertragung eines einzelnen Datenbits zur Bestimmung des jeweiligen Sekundenbeginns eines dem entsprechenden Zeitrahmen nachfolgenden Zeitrahmens genutzt werden. Dies ist insbesondere für solche Fälle von besonderem Vorteil, bei denen kein eigens dafür vorgesehenes Verfahren zur Bestimmung des Sekundenbeginns vorhanden ist. Da bei der Auswertung der meisten Zeitzeichensignale zwangsläufig auch eine Kenntnis über den jeweiligen Sekundenbeginn gewonnen wird, kann dies vorteilhafterweise ohne großen Zusatzaufwand für die weitere Auswertung des Zeitzeichensignals genutzt werden.

**[0027]** In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nach dem Übertragen eines einzelnen Datenbits der Ausgangsanschluss des Empfängers, über den das demodulierte und dekodierte Datenbit an den nachgeschalteten Mikroprozessor übertragen wird, auf einen vorgegebenen logischen Pegel, beispielsweise auf einen niedrigen logischen Pegel, gesetzt. Der Ausgangsanschluss bleibt dann bis zum Beginn des nächsten Zeitrahmens auf diesem logischen Pegel.

**[0028]** In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Bestimmung eines Datenbits zunächst eine Änderung im gesendeten Zeitzeichensignal welche die entsprechende Zeitinformation enthält detektiert. Anschließend wird die Dauer dieser Änderung bestimmt, beispielsweise durch Zählen der Takte eines Referenztaktes mit bekannter, konstanter Referenzfrequenz. Aus der so bestimmten Dauer der jeweiligen Änderung kann damit ein einem Zeitrahmen zugeordnetes Datenbit abgeleitet werden. Dabei kann aus wenigstens zwei aufeinander folgenden Änderungen der Amplitude des Zeitzeichensignals ein Zeitintervall bestimmt werden. Aus der Dauer des Zeitintervalls kann dann der Wert des entsprechenden Datenbits abgeleitet werden.

**[0029]** In einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung wird vor der Auswertung des Zeitzeichensignals eine Synchronisation dieses Zeitzeichensignals auf den Sekundenbeginn bezogen auf das Telegramm des gesendeten Zeitzeichensignals vorgenommen. Dies ist für viele Zeitzeichensignale erforderlich, um eine genaue Bestimmung der Dauer einer Änderung und damit des entsprechenden Sekundenimpulses vornehmen zu können. Zu diesem Zwekke ist es ferner vorteilhaft, wenn das aufgenommene Zeitzeichensignal im Empfänger vor der Auswertung abgetastet wird. Durch Auswertung der Abtastwerte kann sehr einfach auf einen Sekundenbeginn geschlossen werden. Die Abtastung liefert wertdiskrete Abtastwerte, die zum Beispiel den Verlauf des Zeitzeichensignals wiederspiegeln. Hierfür kann zum Beispiel ein einfaches 2-Bit-Schieberegister vorgesehen sein, welches einen Flankenwechsel im Zeitzeichensignal anzeigt, da in diesem Fall die beiden eingangsseitig in das 2-Bit-Schieberegister eingekoppelte Abtastwerte unterschiedlich sind.

**[0030]** In einer sehr vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die von dem Empfänger bereit gestellten und ausgegebenen Datenbits in einem externen Speicher zwischengespeichert. Die einzelnen Datenbits werden dabei vorteilhafterweise in der Reihenfolge, in der sie von dem Empfänger ausgegeben werden, im externen Speicher zwischengespeichert. Dieser externe Speicher kann beispielsweise Bestandteil eines Mikroprozessors sein oder auch getrennt ausgebildet sein. Dabei können die übertragenen Datenbits entweder direkt oder über den Mikroprozessor in den externen Speicher abgelegt werden. Bei Vorhandensein einer Anzahl von abgespeicherten Datenbits, die einem vollständigen Minutentelegramm des gesendeten Zeitzeichensignals entsprechen, werden diese zwischengespeicherten Datenbits wieder aus dem externen Speicher ausgelesen. Der Mikroprozessor berechnet in der Folge aus den so ausgelesenen Datenbits die genaue Zeit und das genaue Datum und erzeugt ein entsprechendes Zeit- und Datumssignal für eine elektronische Uhr.

**[0031]** Die Zeitinformation liegt im Zeitzeichensignal bitweise vor, wobei ein Wert eines jeweiligen Datenbits sich aufgrund des zugeordneten Telegramms des Zeitzeichensenders aus einer Dauer einer Änderung der Amplitude des gesendeten Zeitzeichensignals ergibt. Einem jeweiligen Datenbit wird dabei ein (binärer) Wert zugeordnet, der aus dieser Dauer der Änderung abgeleitet ist. Dabei bezeichnet eine erste Dauer der Änderung in der Amplitude des Zeitzeichensignals einen ersten logischen Wert des Datenbits und eine zweite Dauer entsprechend einen zweiten logischen Wert des Datenbits. Diese erste und zweite Dauer sind durch das Telegramm des Zeitzeichensenders vorbestimmt.

**[0032]** Typischerweise bezeichnet der erste logische Wert eine logische "0" (LOW, niedriger Spannungspegel) und der zweite logische Wert eine logische "1" (HIGH, hoher Spannungspegel). Denkbar wäre selbstverständlich auch eine umgekehrte Logik.

**[0033]** In den meisten Telegrammen eines von einem Zeitzeichensender gesendeten Zeitzeichensignals bezeichnet eine Änderung eine Absenkung der Amplitude des Zeitzeichensignals. Denkbar wäre hier selbstver-

ständlich auch eine umgekehrte Logik, das heißt die binäre Kodierung liegt hier durch Anhebung der Amplitude vor.

**[0034]** Zur Auswertung des Zeitzeichensignals und damit zur Gewinnung der darin enthaltenen Zeitinformation ist eine Zeitinformationsentnahmeeinrichtung innerhalb des Zeitzeichenempfängers vorgesehen. Diese Zeitinformationsentnahmeeinrichtung dient der Auswertung des Zeitzeichensignals und der Dekodierung der entsprechenden Zeitinformation. Die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung bestimmt die Dauer einer Änderung der Amplitude des Zeitzeichensignals, welche die entsprechende Zeitinformation enthält. Entsprechend dieser Dauer leitet die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung ein dieser Änderung zugeordnetes Datenbit ab. Zu diesem Zwecke weist die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung vorteilhafterweise eine Biterkennungsschaltung auf, die einem Datenbit entsprechend dem Protokoll des Zeitzeichentelegramms und der Dauer der Änderung einen logischen ersten Wert oder einen logischen zweiten Wert zuordnet.

**[0035]** Zur Bestimmung der Zeitdauer weist die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung einen Zeitgenerator auf, anhand dem die Dauer einer Änderung bezogen auf eine feste Zeitbasis bestimmbar ist. Der Zeitgenerator kann beispielsweise als Zähler, insbesondere als Aufwärtszähler, ausgebildet sein. Dieser Zähler stellt durch Zählen der Takte eines Referenztaktes ein Zählerstandssignal als Maß für die Dauer einer jeweiligen Änderung bereit. Zusätzlich oder alternativ kann das Zählerstandssignal auch durch Zählen der Abtastwerte, die aus dem Zeitzeichensignal durch Abtastung erzeugt werden, abgeleitet werden.

**[0036]** Zu diesem Zwecke ist vorteilhafterweise ein Referenztaktgenerator vorgesehen, der einen Referenztakt mit vorbestimmter Taktfrequenz bereitstellt.

**[0037]** Ferner ist vorteilhafterweise eine Synchronisationseinrichtung vorgesehen, die eine Synchronisation des Zeitzeichensignals auf den Sekundenbeginn bezogen auf das Telegramm des gesendeten Zeitzeichensignals vornimmt.

**[0038]** In einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Empfängerschaltung ist eine Abtasteinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Zeitzeichensignals und zum Bereitstellen von wertediskreten Abtastwerten vorgesehen.

**[0039]** In einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung ist die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung Bestandteil einer Logikschaltung, insbesondere einer fest verdrahteten Logikschaltung. Zusätzlich kann auch die Synchronisationseinrichtung und/oder der Zähler Bestandteil dieser Logikschaltung sein. Diese Logikschaltung kann zum Beispiel eine FPGA-Schaltung oder eine PLD-Schaltung enthalten. Zwar lässt sich die Funktionalität dieser Einrichtungen grundsätzlich auch durch einen in der Funkuhr typischerweise ohnehin vorhandenen Mikrocontroller erfüllen. Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht allerdings darin, dass durch die Logikschaltung auf sehr einfache Weise und nichts desto Trotz sehr effektive Weise das erfindungsgemäße Verfahren implementiert werden kann, ohne dass hierfür der Mikrocontroller in Anspruch genommen werden müsste. Der Mikrocontroller steht infolgedessen vorteilhafterweise anderen Aufgaben zur Verfügung.

**[0040]** Die programmgesteuerte Einrichtung der Funkuhr ist typischerweise als Mikroprozessor oder als Mikrocontroller ausgebildet. Hierzu kann ein 4-Bit-Mikrocontroller vorgesehen sein. Dieser Mikrocontroller speichert die von der Empfängerschaltung ausgegebenen einzelnen Datenbits nacheinander in einer eigens dafür vorgesehenen Speichereinrichtung ab. Diese Speichereinrichtung kann Bestandteil der programmgesteuerten Einrichtung sein oder als externer Speicher ausgebildet sein, beispielsweise als ROM, RAM, SRAM, SDRAM, etc.

**[0041]** Der Speicherplatz dieser Speichereinrichtung ist vorteilhafterweise so ausgelegt, dass zumindest die Zeitinformationen, welche für ein vollständiges Minutentelegramm eines Zeitzeichensignals erforderlich sind, dort ablegbar sind.

**[0042]** Die elektronische Uhr der Funkuhr ist typischerweise mit einem Uhrenquarz verbunden. Dieses Uhrenquarz stellt einen Referenztakt zur Taktung dieser elektronischen Uhr bereit. In einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung wird der von dem Uhrenquarz bereit gestellte Referenztakt auch zur Taktung der Empfängerschaltung, insbesondere deren Zeitinformationsentnahmeeinrichtung und Zähler, verwendet Zusätzlich oder alternativ kann das Uhrenquarz auch zur Taktung der programmgesteuerten Einrichtung der Funkuhr verwendet werden.

**[0043]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

Figur 1 das Codierungsschema (Zeitzeichentelegramm) einer zum Beispiel von dem Zeitzeichensender DCF-77 gesendeten codierten Zeitinformation;

Figur 2 einen Ausschnitt eines störungsfrei vom Zeitzeichensender DCF-77 gesendeten, Amplituden-modulierten Zeitzeichensignals mit 5 Sekundenmarken;

Figur 3 ein Blockschaltbild eines Ausschnitts einer stark vereinfacht dargestellten Funkuhr zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 4 einen Ausschnitt verschiedener Signal-Zeit-Diagramme eines vom deutschen Sender DCF-77 gesendeten, abgetasteten, demodulierten und dekodierten Zeitzeichensignals, anhand denen das erfindungsgemäße

Verfahren näher erläutert wird;

Figur 5 ein detaillierteres Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Funkuhr.

**[0044]** In allen Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Signale - sofern nichts anderes angegeben ist - mit den selben Bezugszeichen versehen worden.

**[0045]** Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild eines Ausschnitts einer stark vereinfacht dargestellten Funkuhr zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0046]** Die Funkuhr ist hier mit Bezugszeichen 1 bezeichnet. Die Funkuhr 1 weist eine Empfangsantenne 2 zur Aufnahme der von einem nicht dargestellten Zeitzeichensender gesendeten Zeitzeichensignale X auf. Der Empfangsantenne 2 ist eine Empfängerschaltung 3 nachgeschaltet. Die Empfängerschaltung 3 dient der Filterung, Gleichrichtung und Verstärkung des empfangenen Zeitzeichensignals X. Zu diesem Zwecke ist die Empfängerschaltung 3 typischerweise mit einem oder mehreren Filtern, zum Beispiel einem Bandpassfilter, einer Gleichrichterschaltung und einer ein- oder mehrstufigen Verstärkerschaltung ausgestattet. Der grundsätzliche Aufbau und die Funktionsweise einer solchen Empfängerschaltung 3 ist vielfach bekannt, beispielsweise aus den eingangs genannten Druckschriften, so dass darauf nicht näher eingegangen werden muss.

**[0047]** Die Empfängerschaltung 3 ist ferner über eine Datenleitung 4 mit einer programmgesteuerten Einrichtung 5, zum Beispiel einem 4-Bit-Mikroprozessor, verbunden. Die Empfängerschaltung 3 ist ferner über eine Taktleitung 6 mit der programmgesteuerten Einrichtung 5 verbunden. Über diese Taktleitung 6 wird die Empfängerschaltung 3 von einem in Figur 3 nicht dargestellten Taktgenerator in der programmgesteuerten Einrichtung 5 mit einem Referenztakt CLK versorgt.

**[0048]** Im Unterschied zu bekannten Empfängerschaltungen ist die erfindungsgemäße Empfängerschaltung 3 darüber hinaus mit einer Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 ausgestattet. Die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 ist dazu ausgelegt, die im gesendeten und von der Empfängerschaltung 3 aufgenommenen Zeitzeichensignal X enthaltenen Zeitinformation auszuwerten und zu dekodieren. Im Ergebnis ermittelt die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 somit die verschiedenen Datenbits eines Minutentelegramms des Zeitzeichensignals, welche für die exakte Bestimmung der funkgesteuerten Zeit und des funkgesteuerten Datums erforderlich sind. Da die Zeitinformation im empfangenen Zeitzeichensignal X amplitudenmoduliert vorliegt, können die darin enthaltenen Datenbits nur nacheinander ausgewertet und dekodiert werden. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden allerdings die von der Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 erzeugten Datenbits nicht in der Empfängereinrichtung 3 abgespeichert. Vielmehr werden die einzelnen dekodierten Datenbits DBS ("0", "1") sukzessive über die Datenleitung 4 an die nachgeschaltet angeordnete programmgesteuerte Einrichtung 5 übertragen. Die Übertragung erfolgt dabei in der Gestalt, dass sobald ein einzelner Datenbit ("0" oder "1") dekodiert wurde, dieses sofort - dass heißt ohne weitere Zwischenspeicherung - über die Datenleitung 4 an die programmgesteuerte Einrichtung 5 übertragen wird.

**[0049]** Nachfolgend sei das erfindungsgemäße Verfahren zur Auswertung der im Zeitzeichensignal X enthaltenen Zeitinformation, zur Gewinnung der Datenbits und zur Übertragung dieser Datenbits an die programmgesteuerte Einrichtung anhand der Signal-ZeitDiagramme in Figur 4 näher beschrieben:

Figur 4 zeigt einen Ausschnitt eines vom deutschen Zeitzeichensenders DCF-77 gesendeten Zeitzeichensignals. Es sei angemerkt, dass die Darstellung in Figur 4 nicht geeignet sei, ein spezielle Kodierung nachzubilden, sondern lediglich beispielhaft angegeben wurde. Auch ist die Skalierung auf der Zeitachse t der besseren Übersichtlichkeit halber stark vergrößert dargestellt.

**[0050]** Die Ausschnitte in Figur 4 zeigen drei vollständige Zeitrahmen Y1 - Y3 des Zeitzeichensignals X. Die Dauer jedes Zeitrahmens Y1 - Y3 beträgt genau T = 1000 msec. Das vom Zeitzeichensender DCF-77 gesendete Zeitzeichensignal X enthält zur binären Kodierung zwei unterschiedliche Sekundenimpulse X1, X2 (Absenkungen), das heißt erste Absenkungen X1 der Dauer T1 = 100 msec und zweite Absenkungen X2 der Dauer T2 = 200 msec. Die ersten Absenkungen X1 entsprechen der binären "0" und die zweiten Absenkungen X2 entsprechen der binären "1", wobei eine binäre "1" und eine binäre"0" jeweils einem Datenbit entsprechen.

**[0051]** Die oberste Darstellung des Signal-Zeit-Diagramms (Figur 4A) zeigt das amplitudenmodulierte Zeitzeichensignal X, wie es zum Beispiel von der Empfängerantenne 2 aufgenommen wird. Das Signal X' (Figur 4B) bezeichnet das aus dem amplitudenmodulierten Zeitzeichensignal X abgeleitete, demodulierte Zeitzeichensignal.

**[0052]** Die Empfängerschaltung 3 dekodiert nun die im demodulierten Zeitzeichensignal X' enthaltene Zeitinformation. Zu diesem Zwecke wird jeder Absenkung X1, X2 des demodulierten Zeitzeichensignals X' ein Datenbit oder Steuerbit zugeordnet, welche unmittelbar im Anschluss an deren Dekodierung an den nachgeschaltet angeordneten Mikroprozessor 5 gesendet werden. Um die einzelnen Datenbits zu dekodieren, muss zunächst die Dauer T1, T2 einer jeweiligen Absenkung X1, X2 bestimmt werden. Die Dauer T1, T2 einer jeweiligen Absenkung X1, X2 lässt sich auf sehr einfache Weise durch Zählen der Takte eines Referenztaktes CLK bestimmen. Als Referenztakt CLK wird zum Beispiel eine aus dem Uhrenquarz (zum Beispiel 32,768 KHz) heruntergeteilte Referenzfrequenz (zum Beispiel 1024 Hz) verwendet. Dabei wird typischerweise ein Zähler ver-

wendet, der mit Beginn einer Absenkung X1, X2, zum Beispiel dem Sekundenbeginn Z des demodulierten Zeitzeichensignals X', kontinuierlich die Takte des Referenztaktes CLK hoch zählt. Das Zählerstandssignal ZSS des Zählers (siehe Figur 4C) ist damit ein Maß für die aktuelle Dauer einer Absenkung X1, X2 des demodulierten Zeitzeichensignals X'. Bei Beendigung einer Absenkung X1, X2, das heißt mit der ansteigenden Flanke des demodulierten Zeitzeichensignals X', ist das Ende der jeweiligen Absenkung X1, X2 erreicht. Zu diesem Zeitpunkt hört der Zähler auf zu zählen. Aus dem so ermittelten Zählerstand und der Kenntnis der genauen Referenzfrequenz des Referenztaktes CLK lässt sich dann die Dauer der jeweiligen Absenkung X1, X2 exakt bestimmen.

**[0053]** Die Informationsübergabe der kodierten Datenbits DB1, DB2 startet jeweils zu einem fest vorgegebenen Referenzzeitpunkt, zum Beispiel zum Sekundenbeginn t2, t3 der jeweiligen nachfolgenden Zeitrahmen Y2, Y3. Am Ende einer jeden Datenübertragung, die durch eine definierte, fest vorgegebene Anzahl von Bits (DB1, DB2) des Datenbitsignals DBS gekennzeichnet ist, wird das Datenbitsignal DBS wieder auf einen niedrigen logischen Pegel gesetzt. Dieser niedrige logische Pegel des Datenbitsignals DBS bleibt bis zu Beginn des nachfolgenden Zeitrahmens auf diesem Pegel.

**[0054]** Für die Übertragung eines jeweiligen Datenbits ("0", "1") ist eine definierte, fest vorgegebene Anzahl von Bits DB1, DB2 erforderlich. Diese fest vorgegebene Anzahl von Bits DB1, DB2 kennzeichnet beispielsweise den Wert des jeweiligen Datenbits ("0", "1"). Neben dem Wert eines einer jeweiligen Absenkung X1, X2 zugeordneten Datenbits kann darüber hinaus auch die exakt gemessene Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ dieser Absenkung X1, X2 übertragen werden. Je nachdem, welche Informationen an die programmgesteuerte Einrichtung 5 mitübertragen werden sollen, weist das einer jeweiligen Absenkung X1, X2 zugeordnete kodierte Datenbitsignal DBS eine unterschiedliche Kodierung und Bitbreite auf.

**[0055]** Nachfolgend seien zwei unterschiedliche Verfahren zur Übertragung der Datenbits beschrieben:

1. Verfahren:

**[0056]** In den meisten Protokollen ergibt sich die im empfangenen Zeitzeichensignal X enthaltene Zeitinformation einerseits aus dem Vorhandensein von Absenkungen X1, X2 und andererseits aus der Dauer dieser Absenkungen X1, X2. So entspricht im Protokoll des deutschen Zeitzeichensignals (DCF-77) eine 100 msec dauernde Absenkung X1 einer logischen "0" und eine 200 msec dauernde Absenkung X2 einer logischen "1". Neben diesen Datenbits gibt es noch ein Steuerbit S (oder auch Startbit genannt), welches durch keine Absenkung innerhalb des jeweiligen Zeitrahmens gekennzeichnet ist. Dieses Steuerbit S bezeichnet den Minutenbeginn im Telegramm des Zeitzeichensignals X.

**[0057]** Die gemessene Dauer T1, T2 der Absenkungen X1, X2 lässt sich mit Hilfe einer Tabelle (table look up) einem Datenbit zuordnen. Auf diese Weise ist es möglich, mit insgesamt zwei Bits plus dem Stabbit S den empfangenen Sekundeimpuls exakt zu definieren. Mögliche Zuordnungen können wie folgt gewählt werden:

Steuerbit S: 10;
Datenbit 0: 00;
Datenbit 1: 01.

**[0058]** Im Idealfall entspricht die erste Dauer T1 der Dauer $\Delta t1$ und die zweite Dauer T2 der Dauer $\Delta t2$. Typischerweise sind die empfangenen Zeitzeichensignale X mehr oder weniger stark mit einem Störsignal überlagert, was dazu führt, dass die Dauern T1, T2 der Absenkungen X1, X2 mehr oder weniger stark variiert. Beispielsweise sei angenommen, dass die ersten Absenkungen X1 eine Dauer $\Delta t1$ = 75 msec und die zweite Absenkung X2 eine Dauer $\Delta t2$ = 180 msec aufweisen. Auch diesen, von den idealen Dauern T1, T2 abweichenden Absenkungen X1, X2 werden nun die entsprechenden Datenbits - zum Beispiel unter Verwendung der gespeicherten Tabelle - zugeordnet. Die so erzeugten Datenbits ("0", "1") werden in ein Datenbitsignal DBS gewandelt (Figur 4D), welches getaktet durch den Referenztakt an die programmgesteuerte Einrichtung 5 übertragen wird. Die Übertragung jedes einzelnen übertragenen Datenbits DB1 - DB3 erfolgt dabei in kodierter Form.

**[0059]** Im vorliegenden Beispiel einer $\Delta t2$ = 180 msec dauernden Absenkung X2 wird dieser Absenkung X2 im DCF-77 Protokoll eine empfangene "1" zugeordnet. Zusammen mit dem Startbit ("1") am Anfang und dem Bit "0" am Ende hat das an die programmgesteuerte Einrichtung 5 übertragene Datenbitsignal DBS somit die Sequenz "1 01 0". Das Bit ("0") steht immer am Ende der Übertragung und bleibt bis zu Beginn Z des nächsten Zeitrahmens auf diesem Wert stehen. Im Falle einer $\Delta t1$ = 70 msec dauernden Absenkung X1 wird dieser Absenkung X1 eine empfangene "0" zugeordnet, so dass das entsprechende Datenbitsignal DBS die Sequenz "1 00 0" aufweist.

Zweites Verfahren:

**[0060]** Die gemessene Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ einer Absenkung X1, X2 wird binär als Vielfaches der Dauer der Periode des Referenztaktes CLK ausgegeben. Im vorliegenden Beispiel weist der Referenztakt CLK eine Referenzfrequenz von f = 1024 Hz auf, was einer Periodendauer von 977 µs entspricht. Die Dauer der zweiten Absenkung X2 beträgt dabei $\Delta t2$ = 180 msec, was 184 Referenztakten entspricht. Um alle möglichen Zeitdauern zwischen 0 und 1023 Referenztakten darstellen zu können, sind insgesamt 10 Bits für die Kodierung erforderlich. Das MSB-Bit (MSB = most significant bit) entspricht 512 Takten, also der Dauer $\Delta t$ = 500 msec und

das LSB-Bit (LSB = least significant bit) entspricht einem einzelnen Takt, also $\Delta t$ = 1 msec.

**[0061]** Für eine $\Delta t2$ = 180 msec dauernde Absenkung X2 hat das an die programmgesteuerte Einrichtung übertragene Datenbitsignal DBS somit die Sequenz "1 0010111000 0". Das erste, so genannte MSB-Bit ("1") bezeichnet dabei das Startbit S, dem zwei Datenbits auf niedrigem logischen Pegel ("0") folgen. Das erste Datenbit mit hohem logischen Pegel ("1") entspricht 128 Takten des Referenztaktes. Mit der diesem Bit "1" folgenden Sequenz "0111000" wird die Zahl 180 dargestellt, also die Dauer $\Delta t2$ = 180 msec. Das letzte, so genannte LSB-Bit ("0") steht immer am Ende der Übertragung und bleibt bis zu Beginn Z des nächsten Zeitrahmens stehen.

**[0062]** Mit der Übermittlung von insgesamt 9 Datenbits und einem Startbit S zur Charakterisierung der Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ und damit des Wertes einer Absenkung X1, X2 wäre die Übertragung dieses kodierten Datenbits DB1, DB2 bei einem Takt von 1024 Hz nach weniger als 10 msec abgeschlossen. Während der übrigen 990 msec eines 1000 msec dauernden Zeitrahmens Y1 - Y3 erfolgt damit keine Übertragung kodierter Datenbits DB1, DB2. Der nachgeschaltete Mikrocontroller ist somit weit über 90 % seiner Zeit frei für andere Aufgaben, da der Beginn Z des nächsten Zeitrahmens Y1 - Y3 sehr gut bekannt ist. Die Rechenresourcen dieses Mikrocontrollers können somit vorteilhaft für andere Aufgaben genutzt werden.

**[0063]** Mit dem eben dargestellten zweiten Verfahren wird die Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ einer Absenkung X1, X2 auf 1 msec genau bestimmt. Da die Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ der verschiedenen Absenkungen X1, X2 in den verschiedenen Protokollen gesendeter Zeitzeichensignale typischerweise in 100 msec Schritten definiert ist, ist eine derart genaue Bestimmung der Dauer einer Absenkung typischerweise nicht immer erforderlich. Aus diesem Grunde kann vorteilhafterweise auf einige der letzten Bits (LSB-Bits), zum Beispiel die 3 bis 4 letzten LSB-Bits, verzichtet werden.

**[0064]** Im ersten Verfahren wurde mehr oder weniger lediglich der Wert eines Datenbits übertragen, während im zweiten Verfahren neben dem Wert des Datenbits auch die diesem Datenbit zugrunde liegende Dauer $\Delta t1$, $\Delta t2$ der Absenkung X1, X2 mit übertragen wird, aus der somit gewissermaßen Rückschlüsse auf die empfangene Signalgüte gezogen werden können. Die beiden vorstehend beschriebenen Verfahren können selbstverständlich auch miteinander kombiniert werden. Neben den beschriebenen Verfahren können selbstverständlich zusätzlich oder alternativ auch andere Verfahren zur Übertragung der Datenbits eingesetzt werden.

**[0065]** Figur 5 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Funkuhr.

**[0066]** Die Funkuhr weist eine (oder auch mehrere) Antennen 2 zur Aufnahme der von dem Zeitzeichensender 3 gesendeten Zeitzeichensignale X auf. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Antenne 2 als Spule 10 mit Ferritkern ausgebildet, der ein kapazitives Element 11, zum Beispiel ein Kondensator, parallel zugeschaltet ist.

**[0067]** Die Empfängerschaltung 3 weist eine Demodulatorschaltung 12 auf, die eingangsseitig mit der Antenne 2 verbunden ist. Die Demodulatorschaltung 12 erzeugt das demodulierte Zeitzeichensignal X'.

**[0068]** Die Demodulatorschaltung 12 ist ausgangsseitig mit der Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 zur Entnahme der im Zeitzeichensignal X' enthaltenen Zeitinformation verbunden. Die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 weist zu diesem Zweck eine Biterkennungsschaltung 13 auf, welche einem Datenbit ("0", "1") entsprechend dem Protokoll des Zeitzeichentelegramms und der Dauer T1, T2 der Änderung X1, X2 einen ersten oder einen zweiten logischen Wert zuordnet. Hierzu muss zunächst die Dauer T1, T2 der entsprechenden Änderung X1, X2 bestimmt werden. Die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 weist ferner einen Zähler 14 auf. Der Zähler 14 wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel über die Taktleitung 6 von dem Referenztakt CLK eines Referenztaktgenerators 15 getaktet. Als Referenztaktgenerator 15 kann vorteilhafterweise das Uhrenquarz 15 verwendet werden.

**[0069]** Der Zähler 14 kann als Aufwärtszähler 14 oder alternativ auch als Abwärtszähler ausgebildet sein. Der Zähler 14 zählt beginnend bei Null fortwährend die Takte des Referenztaktes CLK hoch bzw. runter. Der aktuelle Zählerstand des Zählers 14 ist ausgangsseitig als Zählerstandssignal ZSS abgreifbar. Das Zählerstandssignal ZSS ist ein Maß für die aktuelle Dauer einer Änderung X1, X2. Das entsprechende Zählerstandssignal ZSS wird der Biterkennungsschaltung 13 zugeführt, die den jeweils aktuellen Zählerstand und damit die Zeitdauer seit Beginn einer Änderung X1, X2 auswertet. Am Ende einer Änderung X1, X2 bzw. jeweils bei einem neuen Sekundenbeginn wird der Zähler 14 über ein von der Biterkennungsschaltung 13 erzeugtes Steuersignal 16 wieder auf Null zurückgesetzt.

**[0070]** Die Biterkennungsschaltung 13 schließt nun aus der Anzahl der Takte des Referenztaktes, die der Dauer T1, T2 einer jeweiligen Änderung X1, X2 entsprechen, auf das jeweilige Datenbit, also auf "0" oder auf "1". Die Biterkennungsschaltung 13 dekodiert damit die Zeitinformation im Zeitzeichensignal X'. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 somit die Funktion der bislang in einem Mikrocontroller 5 der Funkuhr 1 enthaltenen Dekodiereinrichtung auf.

**[0071]** Die Biterkennungsschaltung 13 erzeugt in der Folge abhängig von dem jeweils dekodierten Datenbit ("0" oder "1") ein Datenbitsignal DBS, welches sofort an die nachgeschaltete programmgesteuerte Einrichtung 5 übertragen wird. Die einzelnen Datenbits werden in einem Speicher 22 innerhalb der programmgesteuerten Einrichtung 5 zwischengespeichert.

**[0072]** Vorteilhafterweise weist die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 auch eine Synchronisationsein-

richtung 17 auf, die einen Amplitudenwechsel.im Zeitzeichensignal X' erkennt und daraus auf einen Sekundenbeginn schließt. Im Falle eines erkannten Sekundenbeginns erzeugt die Synchronisationseinrichtung 17 ein Steuersignal 18, über welches die Biterkennungsschaltung 13 bzw. die gesamte Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 auf den Sekundenbeginn bezogen auf das Telegramm des gesendeten Zeitzeichensignals X synchronisiert werden.

**[0073]** Als programmgesteuerte Einrichtung 5 ist typischerweise ein Mikrocontroller 5 vorgesehen, der im Falle einer Funkuhr 1 zum Beispiel als 4-Bit-Controller ausgebildet ist. Dieser Mikrocontroller 5 ist dazu ausgelegt, die von der Empfängerschaltung 3 bzw. der Synchronisationseinrichtung 17 erzeugten Datenbitsignale DBS aufzunehmen und daraus eine exakte Uhrzeit und ein exaktes Datum zu berechnen. Aus der so berechneten Uhrzeit und Datum wird ein Signal 19 für die Uhrzeit und das Datum erzeugt.

**[0074]** Die Funkuhr 1 weist ferner eine elektronische Uhr 20 auf, deren Uhrzeit anhand des Uhrenquarzes 15 gesteuert wird. Die elektronische Uhr 20 ist mit einer Anzeige 21, zum Beispiel einem Display 21, verbunden, über welche die Uhrzeit angezeigt wird. Der Uhr 20 werden nun auch die Signale 19 zugeführt, woraufhin die Uhr 20 die angezeigte Zeit entsprechend korrigiert.

**[0075]** Die Empfängerschaltung 3 und/oder Demodulatorschaltung 12 und/oder die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung 7 können Bestandteil einer Logikschaltung, insbesondere einer festverdrahteten Logikschaltung, sein. Durch die Verwendung einer solchen Logikschaltung kann der Mikrocontroller 5 entlastet werden, so dass dieser für andere Aufgaben zur Verfügung steht.

**[0076]** Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

**[0077]** Insbesondere sei die Erfindung selbstverständlich nicht auf die vorstehenden Zahlenangaben beschränkt, die lediglich beispielhaft angegeben wurden.

**[0078]** Es versteht sich, dass auch die angegebene konkrete schaltungstechnische Variante lediglich eine mögliche Ausführungsbeispiel einer Empfängerschaltung darstellt, die sehr einfach durch Austauschen einfacher Bauelemente oder Funktionseinheiten verändert werden kann.

**[0079]** Die Erfindung ist ferner nicht auf die angegebenen Zeitzeichensender beschränkt. Diese wurden jeweils lediglich zur Darstellung der Erfindung verwendet, ohne jedoch die Erfindung darauf zu beschränken.

**[0080]** Unter Funkuhren sollen darüber hinaus auch solche Uhren verstanden werden, bei denen die Übermittlung des Zeitzeichensignals drahtgebunden erfolgt, beispielsweise wie bei Uhrenanlagen üblich, die jedoch einen wie beschriebenen Aufbau aufweisen.

**[0081]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wurde die Codierung jeweils durch eine Absenkung des Trägersignals zu Beginn eines Zeitrahmens realisiert. Es versteht sich von selbst, dass diese Codierung selbstverständlich auch durch eine Anhebung oder allgemein durch eine Änderung der Amplitude des Trägersignals realisiert werden kann.

Bezugszeichenliste

**[0082]**

| | |
|---|---|
| A | Codierungsschema |
| B | allgemeine Codierungsbits |
| C | allgemeine Datums- und Uhrzeitinformationen |
| D | Minutenbits |
| E | Stundenbits |
| F | Kalendertagsbits |
| G | Wochentagsbits |
| H | Kalendermonatsbits |
| I | Kalenderjahrbits |
| M | Minutenmarke |
| R | Antennenbit |
| A1, A2 | Ankündigungsbits |
| S | Startbit |
| P1 - P3 | Prüfbits |
| Z1, Z2 | Zonenzeitbits |
| CLK | Referenztakt |
| DBS | Datenbitsignal |
| DB1, DB2 | kodierte Datenbits |
| T | Dauer eines Zeitrahmens |
| T1, T2 | Dauer einer Absenkung/Sekundenimpuls |
| $\Delta t1$, $\Delta t2$ | gemessene Dauer einer Absenkung/Sekundenimpuls |
| X | Zeitzeichensignal |
| X1 - X2 | Absenkungen eines Trägersignals, Sekundenimpuls |
| Y1 - Y3 | (Zeit-)Rahmen |
| Z | Sekundenbeginn, Beginn eines Zeitrahmens |
| ZSS | Zählerstandsignal |
| 1 | Funkuhr |
| 2 | (Empfangs-)Antenne |
| 3 | Empfängerschaltung |
| 4 | Datenleitung |
| 5 | programmgesteuerte Einrichtung, Mikroprozessor, Mikrocontroller |
| 6 | Taktleitung |
| 7 | Zeitinformationsentnahmeeinrichtung, Dekodierer |
| 10 | Spule |
| 11 | kapazitives Element, Kondensator |
| 12 | Demodulatorschaltung |
| 13 | Biterkennungsschaltung |
| 14 | (Aufwärts-)Zähler |
| 15 | Referenztaktgenerator, Uhrenquarz |
| 16 | Steuersignal |

17 Synchronisationseinrichtung
18 Steuersignal
19 (Zeit-)Signal
20 elektronische Uhr
21 Anzeige, Display
22 Speicher(einrichtung)

**Patentansprüche**

**1.** Verfahren zur Gewinnung von Zeitinformationen aus empfangenen, amplitudenmodulierten Zeitzeichensignalen (X), welche aus einer Vielzahl von Zeitrahmen (Y1 - Y3) konstanter Dauer (T) bestehen, wobei die Zeitinformation bitweise vorliegt und wobei jeweils einem Zeitrahmen (Y1 - Y3) zumindest ein Datenbit ("0", "1") zugeordnet ist,
**gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte:

(a) Empfangen des gesendeten Zeitzeichensignals (X) **durch** einen Empfänger (3);
(b) Auswerten der empfangenen Zeitzeichensignale (X) **durch** den Empfänger (3) zur Gewinnung der Zeitinformation;
(c) Ausgeben eines einem jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordneten einzelnen Datenbits ("0", "1") am Ende oder unmittelbar nach dem Ende des jeweiligen Zeitrahmens (Y1 - Y3).

**2.** Verfahren nach Anspruch 1,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** das einem jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordnete Datenbit ("0", "1") noch innerhalb des selben Zeitrahmens (Y1 - Y3) übertragen wird.

**3.** Verfahren nach Anspruch 1,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** das einem jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordnete Datenbit ("0", "1") in einem diesem Zeitrahmen (Y1 - Y3) nachfolgenden Zeitrahmen (Y1 - Y3), insbesondere in dem unmittelbar nachfolgenden Zeitrahmen (Y1 - Y3), übertragen wird.

**4.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** das einem jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordnete Datenbit ("0", "1") zu einem fest vorgegebenen, genau bekannten Referenzzeitpunkt (Z) bezogen auf einen jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) übertragen wird.

**5.** Verfahren nach Anspruch 4,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** der fest vorgegebene Referenzzeitpunkt (Z) einen bekannten Sekundenbeginn (Z) eines jeweiligen Zeitrahmens (Y1 - Y3) und/oder eine ansteigende oder eine abfallende Flanke (Z) des Zeitzeichenssignals (X) bezeichnet.

**6.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die Zeitpunkte der Übertragung eines Datenbits ("0", "1") zur Bestimmung des jeweiligen Sekundenbeginns (Z) eines nachfolgenden Zeitrahmens (Y1 - Y3) genutzt werden.

**7.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** nach der Übertragung eines einzelnen Datenbits ("0", "1") der Ausgang des Empfängers (3) wieder auf einen vorgegebenen logischen Pegel gesetzt wird.

**8.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** zur Bestimmung eines einem jeweiligen Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordneten Datenbits ("0", "1") folgende Verfahrensschritte vorgenommen werden:

- Detektieren einer Änderung (X1, X2) der Amplitude im gesendeten Zeitzeichensignal (X);
- Bestimmen der Dauer (T1, T2) der Änderung (X1, X2) der Amplitude des Zeitzeichensignals (X);
- Ableiten eines jeweiligen Datenbits ("0", "1") aus der Dauer (T1, T2) der jeweiligen Änderung (X1, X2).

**9.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** aus wenigstens zwei aufeinander folgenden Flankenwechseln ein Zeitintervall (X1, X2) bestimmt wird, wobei aus der Dauer (T1, T2) dieses Zeitintervalls (X1, X2) der Wert des entsprechenden Datenbits ("0", "1") abgeleitet wird.

**10.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die Dauer (T1, T2) einer jeweiligen Änderung (X1, X2) der Amplitude des Zeitzeichensignals (X) durch Zählen der Takte eines Referenztaktes (CLK) mit bekannter, konstanter Referenzfrequenz bestimmt wird.

**11.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** vor der Auswertung der Zeitinformation eine

Synchronisation des Zeitzeichensignals (X) auf den Sekundenbeginn (Z) vorgenommen wird.

**12.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** das aufgenommene Zeitzeichensignal (X) vor der Auswertung abgetastet wird.

**13.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** nach dem Dekodieren eines jeweiligen Datenbits ("0", "1") folgende Verfahrensschritte vorgenommen werden:

- Zwischenspeichern der von dem Empfänger (3) ausgegebenen Datenbits ("0", "1") in einem externen Speicher (13) in der Reihenfolge wie sie dekodiert wurden;
- Auslesen der abgespeicherten Datenbits ("0", "1") aus dem externen Speicher (13), falls eine Anzahl von abgespeicherten Datenbits ("0", "1"), die einem vollständigen Minutentelegramm des gesendeten Zeitzeichensignals (X) entspricht, vorhanden sind;
- Berechnen eines Zeit- und Datumssignals (19) aus den ausgelesenen Datenbits ("0", "1").

**14.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** der Wert eines jeweiligen Datenbits ("0", "1") durch die Dauen (T1 - T3) einer Änderung (X1, X2) der Amplitude des gesendeten Zeitzeichensignals (X) bestimmt ist, wobei eine erste Dauer (T1) der Änderung (X1) der Amplitude des Zeitzeichensignals (X) einem ersten logischen Wert des Datenbits ("0", "1") und eine zweite Dauer (T2) der Änderung (X2) einem zweiten logischen Wert des Datenbits ("0", "1") entspricht.

**15.** Verfahren nach Anspruch 14,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** der erste logische Wert eine logische Null und der zweite logische Wert eine logisch Eins bezeichnet.

**16.** Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** eine Änderung (X1, X2) der Amplitude des Zeitzeichensignals (X) eine Absenkung (X1, X2) der Amplitude des Zeitzeichensignals (X) bezeichnet.

**17.** Empfängerschaltung (3) für eine Funkuhr (1) zum Empfangen und zum Gewinnen von Zeitinformationen aus von einem Zeitzeichensender gesendeten Zeitzeichensignalen (X), insbesondere zum Betreiben eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche,
mit einer Empfangsantenne (2, 10, 11) zum Aufnehmen der gesendeten Zeitzeichensignale (3),
mit einer Zeitinformationsentnahmeeinrichtung (7) zur Entnahme der im Zeitzeichensignal (X) enthaltenen Zeitinformation,
mit einer Ausgabeeinrichtung (13), die am Ende oder unmittelbar nach dem Ende des jeweiligen Zeitrahmens (Y1 - Y3) ausgangsseitig das diesem Zeitrahmen (Y1 - Y3) zugeordnete, dekodierte Datenbit ("0", "1") bereit stellt.

**18.** Empfängerschaltung nach Anspruch 17,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung (7) dazu ausgelegt ist, eine Änderung (X1, X2) der Amplitude des empfangenen Zeitzeichensignals (X) zu detektieren, die Dauer (T1, T2) dieser Änderung (X1, X2) zu bestimmen und aus der Dauer (T1, T2) dieser Änderung (X1, X2) ein jeweiliges Datenbit ("0", "1") abzuleiten.

**19.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 oder 18,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung (7) eine Biterkennungsschaltung (13) aufweist, welche einem Datenbit ("0", "1") entsprechend dem Protokoll des Zeitzeichentelegramms und der Dauer (T1, T2) der Änderung (X1, X2) einen logischen ersten Wert oder einen logischen zweiten Wert zuordnet.

**20.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 bis 19,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** ein Zähler (14), insbesondere ein Aufwärtszähler (14), vorgesehen ist, der durch Zählen der Takte eines Referenztaktes (CLK) und/oder der aus den vom Zeitzeichensignal (X) abgeleiteten Abtastwerten ein Zählerstandssignal (ZSS) als Maß für die Dauer (T1, T2) einer jeweiligen Änderung (X1, X2) bereit stellt.

**21.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 bis 20,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** ein Referenztaktgenerator (15) vorgesehen ist, der einen Referenztakt (CLK) mit vorbestimmter Taktfrequenz bereit stellt.

**22.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 bis 21,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** eine Synchronisationseinrichtung (17) vorgesehen ist, die eine Synchronisation auf den Sekundenbeginn (Z) bezogen auf das Telegramm des ge-

sendeten Zeitzeichensignals (X) vornimmt.

**23.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 bis 22,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** eine Abtasteinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Zeitzeichensignals (X) und zum Bereitstellen von Abtastwerten vorgesehen ist.

**24.** Empfängerschaltung nach einem der Ansprüche 17 bis 23,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die Zeitinformationsentnahmeeinrichtung (7) Bestandteil einer Logikschaltung, insbesondere einer festverdrahteten Logikschaltung, ist.

**25.** Funkuhr (1)
mit einer Empfängerschaltung (3) zum Empfang von Zeitzeichensignalen (X) nach einem der Ansprüche 18 - 25,
mit einer Speichereinrichtung (22), in der die von der Empfängerschaltung (3) bereit gestellten Datenbits ("0", "1") nacheinander ablegbar sind,
mit einer programmgesteuerten Einrichtung (5), welche bei Vorhandensein einer Anzahl von abgespeicherten Datenbits ("0", "1"), die einem vollständigen Minutentelegramm des empfangenen Zeitzeichensignals (X) entspricht, diese aus der Speichereinrichtung (22) ausliest und daraus ein Zeitsignal (19) berechnet,
mit einer autonomen Uhr (20), die anhand des berechneten Zeitsignals (19) die genaue Uhrzeit und/oder das genaue Datum ausgibt.

**26.** Funkuhr nach Anspruch 25,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** die programmgesteuerte Einrichtung (5) als Mikroprozessor (5) oder als Mikrocontroller (5), insbesondere als 4-Bit Prozessor (5), ausgebildet ist.

**27.** Funkuhr nach einem der Ansprüche 25 oder 26,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** der Speicherplatz der Speichereinrichtung (22) so ausgelegt ist, dass zumindest die Zeitinformation, welche für ein vollständiges Minutentelegramm eines empfangenen Zeitzeichensignals (X) erforderlich ist, dort ablegbar ist.

**28.** Funkuhr nach einem der Ansprüche 25 oder 26,
**dadurch gekennzeichnet,**
**dass** ein Referenztaktgenerator (15) vorgesehen ist, der die autonome Uhr (20) sowie die Empfängerschaltung mit einem Referenztakt bekannter Referenzfrequenz versorgt.

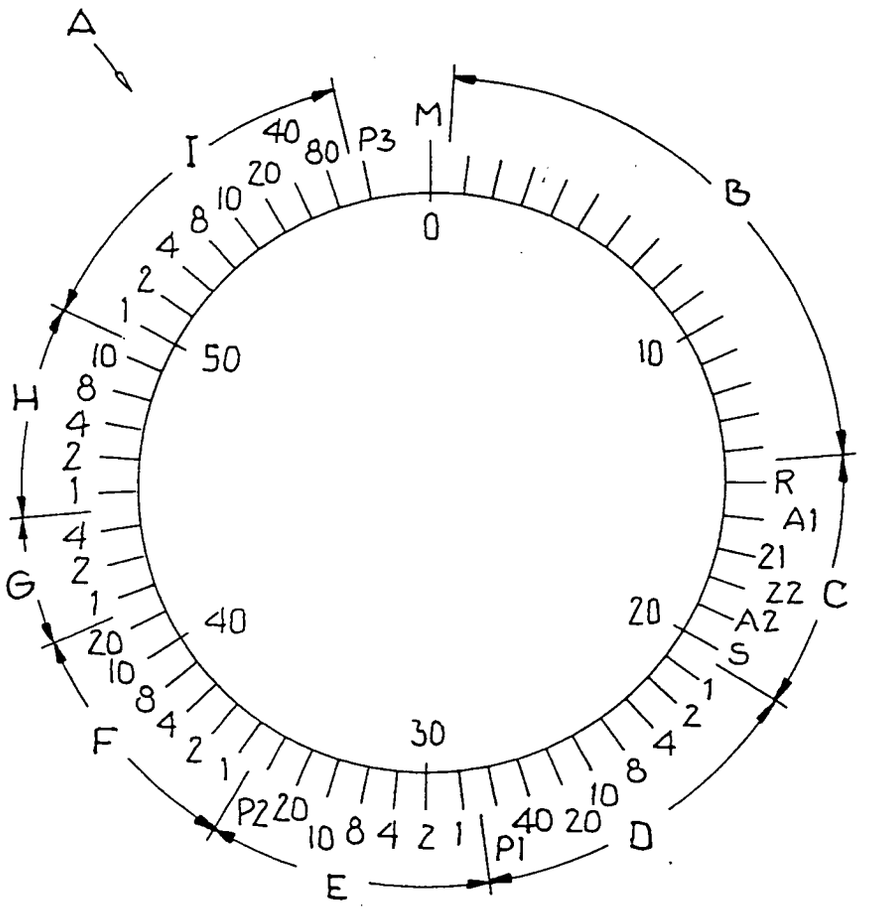
A
I
M
B
H
G
F
E
D
C
R
A1
A2
S
P1
P2
P3
0
30
40
50
10
20
40
80
1
2
4
8
10
20
40
Z
21
ZZ

FIG. 1

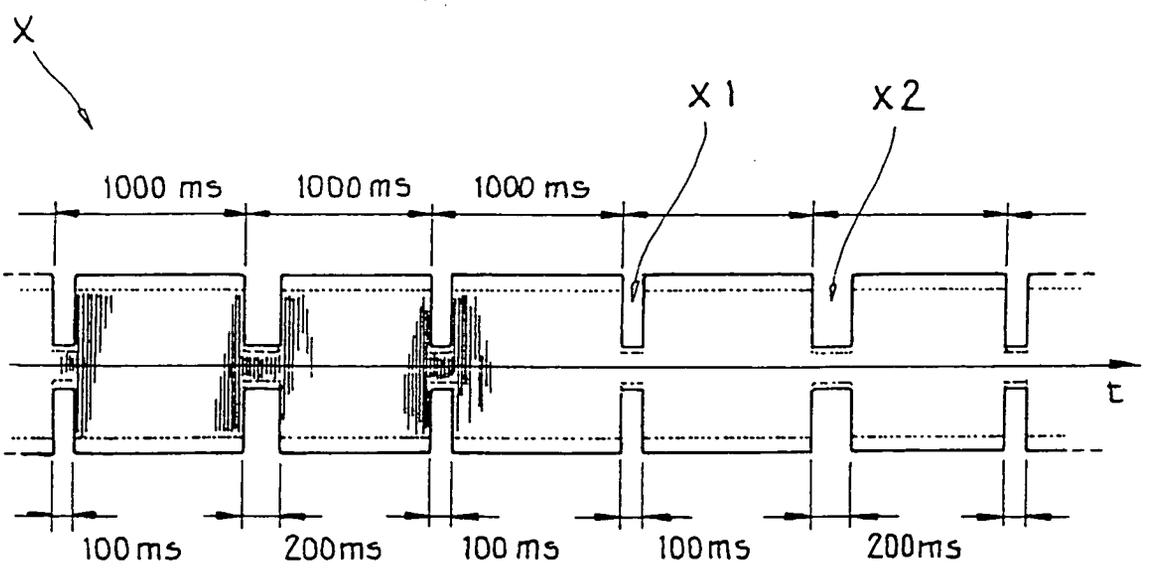
X
X1
X2
1000 ms
1000 ms
1000 ms
t
100 ms
200ms
100 ms
100 ms
200ms

FIG. 2

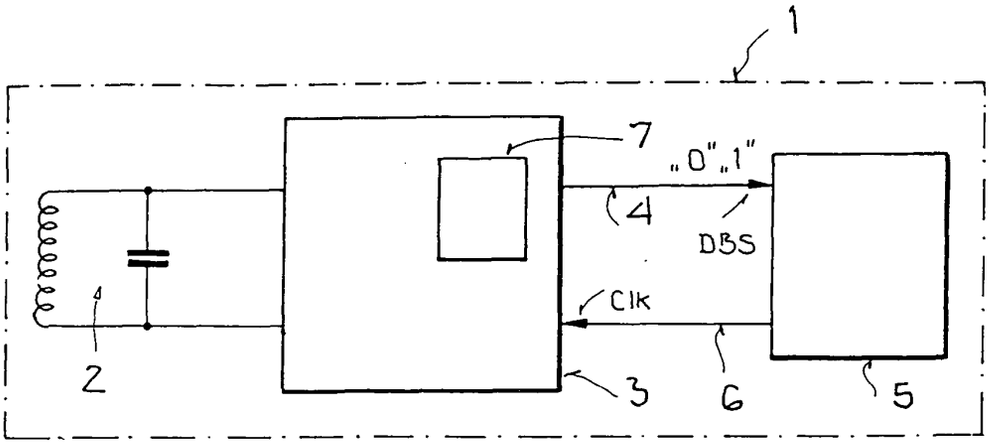
1
7
„0" „1"
4
DBS
Clk
2
3
6
5

FIG.3

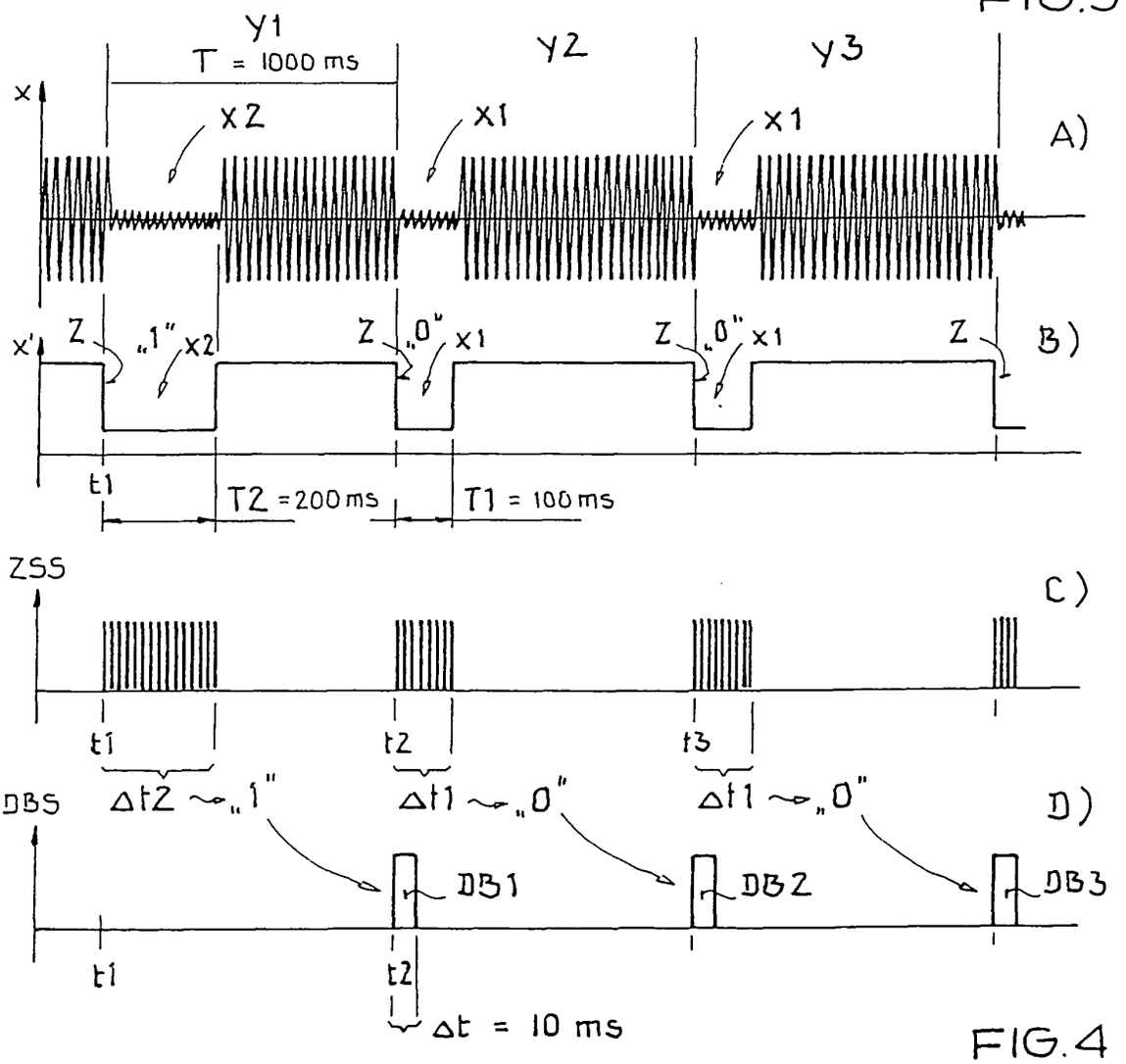
Y1
T = 1000 ms
Y2
Y3
x
x2
x1
x1
A)
x'
Z
„1" x2
Z
„0" x1
Z
„0" x1
Z
B)
t1
T2 = 200 ms
T1 = 100 ms
ZSS
C)
t1
t2
t3
DBS
Δt2 ~ „1"
Δt1 ~ „0"
Δt1 ~ „0"
D)
DB1
DB2
DB3
t1
t2
Δt = 10 ms

FIG.4

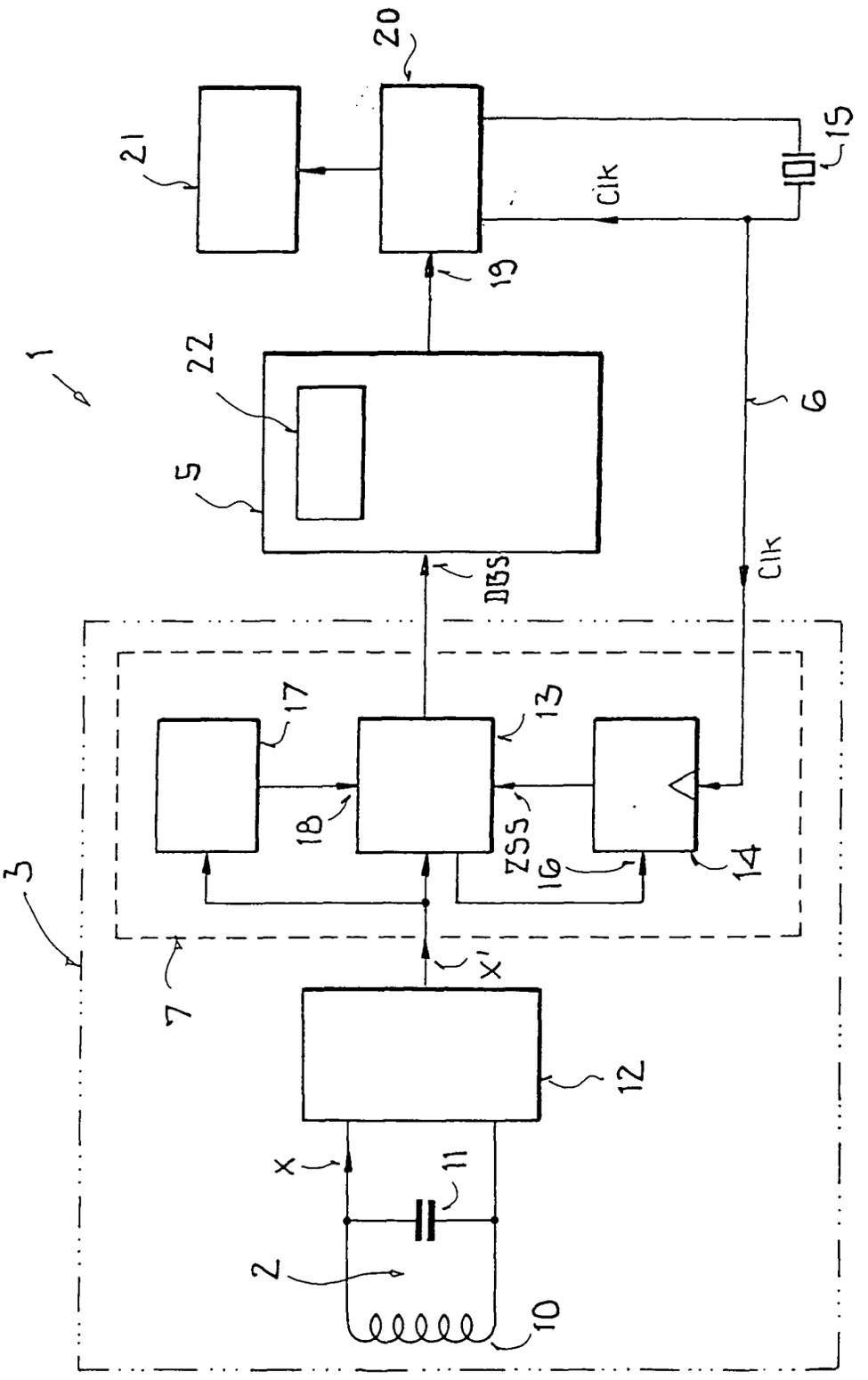


FIG.5