



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 333 734**

51 Int. Cl.:
H03M 1/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05740257 .0**

96 Fecha de presentación : **04.05.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1743428**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.01.2007**

54

Título: **Dispositivo para la conversión analógica/digital de una tensión de medida.**

30

Prioridad: **07.05.2004 DE 10 2004 023 145**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.02.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.02.2010

73

Titular/es:
ENDRESS + HAUSER WETZER GmbH + Co. KG.
Obere Wank 1
D-87484 Nesselwang, DE

72

Inventor/es: **Harle, Thomas y**
Konrad, Stefan

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 333 734 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 333 734 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la conversión analógica/digital de una tensión de medida.

5 La invención se refiere a un dispositivo para la digitalización de una tensión de medida.

Un procedimiento para la digitalización, o sea para la conversión de una tensión analógica de entrada en un número digital proporcional a la amplitud, lo plantea el procedimiento de conteo. Acondicionamientos del procedimiento de conteo son el procedimiento de una rampa y el procedimiento de dos rampas, integrándose mediante un elemento integrador, en el procedimiento primeramente citado, tan sólo la tensión de entrada, y en el procedimiento citado en
10 segundo lugar, la tensión de entrada y la tensión de referencia.

La duración del periodo para la digitalización de una señal de medida se establece mediante la suma del tiempo t_1 de descarga y del tiempo t_2 de carga de un condensador que está dispuesto en el circuito de realimentación del elemento integrador. La conmutación entre la fase de carga y la fase de descarga, se lleva a cabo respectivamente en el momento cuando la tensión de salida del elemento integrador alcanza una tensión umbral predeterminada. Esto se materializa mediante un comparador conectado a continuación, en una de cuyas entradas está aplicada la tensión de salida del elemento integrador, y en su otra entrada, la tensión umbral, como se muestra, por ejemplo, en el documento US-B-62853.10.
15

Para medir la duración del periodo de la señal de salida modulada por la duración del impulso, se registra mediante un contador el tiempo entre dos flancos ascendentes o dos descendentes de la señal de salida modulada por la duración del impulso. La resolución en la determinación de la duración del periodo es aquí función de la frecuencia del ritmo del contador: Cuanto mayor sea el ritmo del contador, tanto mejor es la resolución en el tiempo. Por ejemplo si el contador funciona con el ritmo f del contador, para la mínima modificación Δt del tiempo que se pueda medir, es válido
20

$$\Delta t = 1/f$$

Los convertidores A/D conocidos son naturalmente tanto más caros cuanto mayor sea su resolución. Además, la resolución de los convertidores A/D conocidos, está normalmente predeterminada fija, de manera que normalmente se propone para empleo, un convertidor A/D adaptado óptimamente al respectivo caso de aplicación.
30

En la metrología de procesos, la tendencia va en la dirección de aparatos de medida de muchos parámetros, o sea, aparatos de medida que estén en condiciones de medir varias magnitudes diferentes del proceso, físicas o químicas. En las magnitudes de procesos se trata, por ejemplo, de la temperatura, la presión, el estado de carga, el caudal, el valor del pH, la concentración de iones, la conductividad, etc., de un medio de medida. La "bondad" de una medición se determina en principio por la exactitud de la medida y/o por la resolución en el tiempo de la medición, o sea la frecuencia de la medida. Normalmente estas dos exigencias son contradictorias: Para una medición de gran precisión se necesita un tiempo correspondientemente largo; por el contrario si está limitado el tiempo para una medición, la elevada frecuencia de medición, va a costa de la exactitud de la medida. La solución la proporcionan los convertidores A/D que son correspondientemente rápidos y que al mismo tiempo tienen una alta resolución de bits. El inconveniente de estos convertidores A/D es que son relativamente caros, lo que eleva notablemente los costes de fabricación para los aparatos de medida.
35
40
45

Precisamente con respecto a aparatos de medida de muchos parámetros, se agrega todavía otro aspecto: En la metrología de procesos, a la preparación del valor de la medida, que corresponde en la digitalización, a las señales de medida que representan las magnitudes individuales del proceso, se imponen diferentes exigencias con respecto a la exactitud de la medida y con vistas a la resolución en el tiempo: Como ejemplo se cita la temperatura, una magnitud de proceso que normalmente varía con relativa lentitud a lo largo del tiempo, puesto que en el caso normal no se presentan saltos repentinos ningunos de temperatura. No obstante se exige precisamente a las mediciones de temperatura por lo regular una gran precisión de la medida. A este respecto se cita el control y/o regulación de la temperatura en un proceso químico. Puesto que la temperatura se modifica con relativa lentitud, para el registro del valor de temperatura se dispone relativamente de mucho tiempo.
50
55

Completamente diferente aparece, por ejemplo, en una medición de presión: Aquí es necesario poder detectar también saltos de presión de aparición repentina. Esto sólo es posible cuando la duración de la medida es correspondientemente corta; no obstante, en caso de muchas mediciones de presión, la exactitud de la medida es de menor importancia. A este respecto es razonable pues encontrar un compromiso, o una solución flexible que permita adaptar el registro del valor de la medida a las respectivas exigencias impuestas con respecto a la exactitud de la medida y con respecto a la duración de la medida.
60

La misión de la invención se basa en facilitar un dispositivo barato para la digitalización de señales de medida que se pueda adaptar en forma flexible a la respectiva tarea de medida.
65

La misión se resuelve mediante un dispositivo con la estructura siguiente: El convertido analógico/digital presenta un elemento integrador con un amplificador operacional, con una resistencia y con una capacidad en el circuito de

ES 2 333 734 T3

realimentación. En la entrada invertible del amplificador operacional está aplicada una tensión de referencia, y en la entrada no invertible del amplificador operacional, está aplicada la tensión de medida o la tensión de entrada. Durante una fase de carga de una duración predeterminada de tiempo, se carga el condensador, y durante una fase de descarga, se descarga el condensador.

5 Además el convertidor analógico/digital comprende un comparador conectado a continuación del amplificador operacional, un elemento de memoria conectado a continuación del comparador, un generador de tiempo que produce el tiempo de carga y un contador, detectando el contador los flancos (o la duración del periodo) de la señal de salida modulada por la duración del impulso, facilitada por el convertidor A/D en la salida. En el elemento de memoria, según un acondicionamiento preferente, se trata de un multivibrador biestable de disposición - reposición. Por lo demás está previsto un elemento de sincronización que al menos dentro de una duración predeterminada de medida, sincroniza los flancos de la señal de salida modulada por la duración del impulso, con el ciclo del contador.

15 Como ya se ha dicho antes, sin sincronización de la señal de salida modulada por la duración del impulso, con el ciclo del contador, se lleva a cabo la conmutación entre la fase de carga y la fase de descarga, siempre exactamente al alcanzar la tensión umbral ajustada o predeterminada, o sea, en el instante en el que la carga almacenada durante la fase de carga en el condensador del elemento integrador, está descargada de nuevo. Según la invención, los flancos de la señal de salida modulada por la duración del impulso, se sincronizan con el ciclo del contador mediante un elemento de sincronización. Por ello la conmutación entre la fase de descarga y la fase de carga, no tiene lugar al alcanzar la tensión umbral, sino ya en el siguiente ciclo del contador, o sea, para un valor de la tensión que está situado por encima de la tensión umbral. Así pues el elemento integrador se fuerza a que a pesar de llegar a la tensión umbral, continúe integrando hasta la presentación del siguiente ciclo del contador. De este modo se produce una carga residual en el condensador del elemento integrador. Este proceso se repite en cada conversión subsiguiente. Las cargas residuales se suman hasta que por fin, después de un cierto número de conversiones, se produce una variación brusca del valor de contador.

25 Según un acondicionamiento preferente del dispositivo según la invención, está previsto un reloj secuenciador que proporciona un ritmo del sistema, y sincronizando el elemento de sincronización, el contador, el convertidor analógico/digital y el generador de tiempo, con el ritmo del sistema. La ventaja de este acondicionamiento de que todos los ciclos se dirijan por el mismo ritmo del sistema, se ve en que derivas del ritmo que se pueden presentar, por ejemplo, a causa de variaciones de temperatura o durante un largo tiempo de funcionamiento, no tienen ninguna influencia sobre la calidad de la conversión.

35 Un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención, prevé un conmutador analógico que conmuta entre dos valores diferentes de tensión, la tensión de referencia que se aplica en la entrada invertible del amplificador operacional. Este perfeccionamiento tiene la ventaja de que la tensión de referencia que se aplica en la entrada invertible del amplificador operacional, se puede ajustar eligiendo libremente, o a voluntad. Si no se necesita una tensión de referencia de libre elección, se puede prescindir del conmutador analógico. Por ejemplo, se puede proporcionar la tensión de salida del elemento de sincronización como tensión de referencia en la entrada invertible del amplificador operacional. Si en el elemento de sincronización se trata -como propone un perfeccionamiento ventajoso de la invención- de un multivibrador biestable de datos, en esta solución alternativa la tensión de servicio del multivibrador biestable de datos, corresponde a la tensión de referencia que se aplica en la entrada invertible del amplificador operacional. Además, un acondicionamiento ventajoso del dispositivo según la invención, propone que el contador presente una entrada capture-compare. El contador está conectado durante una duración predeterminada de medida, y detecta los flancos de la señal de salida modulada por la duración del impulso. En principio solamente es posible una forma correcta de trabajar, cuando dentro de la duración elegida de medida, está situado al menos un periodo de la señal de salida modulada por la duración del impulso. Para cada flanco detectado de la señal de salida modulada por la duración del impulso, se produce una interrupción. Además, un acondicionamiento preferente del dispositivo según la invención, prevé un microprocesador que determina la tensión de entrada a partir de los valores del contador producidos por las interrupciones, en especial mediante una formación del valor medio de varios valores del contador.

55 Se ha visto como especialmente ventajoso en relación con la solución según la invención, que al microprocesador esté coordinada una unidad de memoria. En la unidad de memoria está almacenado el número de las interrupciones producidas durante una duración predeterminada de medida, por los flancos de la señal de salida modulada por la duración del impulso. El microprocesador calcula la tensión de entrada tras transcurrir la duración predeterminada de medida, según la fórmula siguiente:

$$60 \quad U_e = \frac{t_1 U_H}{Z - Z_1} \cdot (I - 1)$$

65 en donde la variable Z_1 corresponde al primer valor del contador, en donde Z representa los valores siguientes del contador, que se almacenan recubriendo los datos en la unidad de memoria, en donde I refleja el número de las interrupciones contadas durante la duración de la medida, t_1 el tiempo de carga y U_H la tensión de referencia que se aplica al elemento integrador.

ES 2 333 734 T3

Como especialmente ventajoso se estima el acondicionamiento del dispositivo según la invención, de que el microprocesador reconozca sub y sobretensiones, y genere una señal correspondiente de error. Una subtensión se puede constatar fácilmente, por ejemplo, porque dentro de la duración de medida no se detectan al menos dos flancos de la tensión de salida modulada por la duración del impulso, o al menos dos interrupciones. Una sobretensión se hace reconocible porque el tiempo de procesamiento de las interrupciones es mayor que la duración a medir de los periodos. Para impedir errores de medida, se tiene que limitar hacia arriba el número de las interrupciones que se presenten.

Alternativamente está previsto que el microprocesador se adapte a la duración de la medida, de manera que se impida la presentación de sub y/o sobretensiones.

La invención se explica en detalle de la mano de los dibujos siguientes. Se muestran:

Figura 1: Un esquema de bloques del convertidor A/D según la invención.

Figura 2: Una representación gráfica de las tensiones caracterizadas en la figura 1, en diferentes componentes del convertidor A/D según la invención.

Figura 3: Una representación gráfica en la que está trazada la tensión U_a de salida del amplificador operacional, en función de los valores del contador en el transcurso de un ciclo de medida, y

Figura 4: Una representación gráfica en la que están trazados los errores de la medición del tiempo, en función de los valores medios determinados.

La figura 1 muestra un esquema de bloques del convertidor 1 A/D según la invención. El convertidor 1 analógico/digital según la invención, se compone de los siguientes componentes:

- Del elemento 2 integrador compuesto del amplificador OP1 operacional, de la resistencia R y de la capacidad K en el circuito de realimentación.
- Del comparador 3.
- Del elemento 4 de memoria, aquí del multivibrador 4 biestable de disposición - reposición.
- Del elemento 5 de sincronización, aquí del multivibrador 5 biestable de datos.
- Del generador 6 de tiempo.

Según una variante preferente de la invención, representada en el dibujo, el elemento 5 de sincronización sincroniza el convertidor 1 analógico/digital, el contador 8 y el generador 6 de tiempo, con el ritmo T_S del sistema. También es posible -como ya se ha mencionado- que en lugar del ritmo T_S del sistema, se sincronice con el ritmo f del contador.

Opcionalmente está previsto un conmutador 7 analógico. Se puede prescindir de éste cuando no es necesaria una tensión U_{ref} de referencia libremente elegible. Si no es necesario que la tensión U_{ref} de referencia sea libremente elegible, se puede utilizar como tensión U_{ref} de referencia, por ejemplo, directamente la tensión Q_2 de salida del elemento 5 de sincronización, o en caso de funcionamiento sin sincronización, la tensión Q_1 de salida del elemento 4 de memoria. En este caso, la tensión de servicio del multivibrador 5 biestable de datos, o del multivibrador 4 biestable de disposición - reposición, corresponde pues al mismo tiempo, a la tensión U_{ref} de referencia que se aplica en la entrada invertible del amplificador OP1 operacional.

El convertidor 1 A/D presenta tres entradas y una salida:

- En la primera entrada se aplica la tensión U_e de entrada,
- en la segunda entrada se aplica la tensión U_H de referencia,
- en la tercera entrada, el ritmo T_S del sistema.

En la salida del convertidor 1 A/D se facilita la señal U_{out} de salida modulada por la duración del impulso, y que representa la conversión digital de la señal U_e analógica de la medida.

El amplificador OP1 operacional que trabaja como elemento 2 integrador, -en la fase de carga- se carga durante un periodo t_1 predeterminado, por un generador 6 de tiempo. A continuación se mide el periodo t_2 de la fase de descarga. El periodo t_2 corresponde al tiempo que se necesita hasta que en la salida del elemento 2 integrador, por causa del condensador C que se descarga, se mida una cierta tensión U_a de salida. Normalmente esta corresponde a la tensión U_{th} umbral; según la invención, la conmutación se lleva a cabo mediante la sincronización con el contador, pero para una tensión que está situada por encima de la tensión umbral predeterminada. La evolución temporal de la tensión U_a , U_K , Q_1 , Q_2 aplicada en los componentes individuales, o la evolución temporal de la tensión U_{ref} , T_C suministrada por los componentes individuales, está representada por separado en la figura 2.

ES 2 333 734 T3

En el instante $t = 0$ comienza la llamada fase de carga. Esta está caracterizada en la figura 2 con (1). En el instante $t = 0$, mediante la correspondiente conexión del conmutador 7 analógico, aparece la tensión U_H en la entrada invertible del amplificador OP1 operacional. Cuando la tensión U_H de referencia es mayor que la tensión U_e de entrada, la tensión U_a cae linealmente en la salida del amplificador OP1 operacional, partiendo de la tensión U_{th} umbral. La salida del comparador 3, la salida Q_1 del multivibrador 4 biestable de disposición - reposición, la salida Q_2 del multivibrador 5 biestable de datos que corresponde a la señal U_{out} de salida pulsada, y la salida del generador 6 de tiempo, se encuentran durante este tiempo al nivel H_i binario. En el instante t_1 la tensión U_a de salida que aparece en la salida del elemento 2 integrador, se puede describir del modo siguiente:

$$U_a(t_1) = U_{th} + \frac{1}{RC}(U_e - U_H) \cdot t_1 \quad (1)$$

Tras transcurrir el periodo situado entre los instantes $t = 0$ y t_1 , el generador 6 de tiempo produce en la salida T_C un breve impulso de reloj sobre el nivel L_0 binario. De este modo se produce una señal de reposición en el multivibrador 4 biestable de disposición - reposición; como consecuencia de ello la señal Q_1 de salida y, un ciclo más tarde, la señal Q_2 de salida, se ponen en el nivel L_0 binario. Además el conmutador 7 analógico conmuta la tensión U_{ref} de referencia a 0V, y comienza la fase de descarga que en la figura 2 está caracterizada con (2).

Cuando la tensión 0V de referencia es menor que la tensión U_e de entrada, la tensión U_a de salida aumenta linealmente. En el instante t_2 la tensión U_a alcanza de nuevo la tensión U_{th} umbral, y conecta el comparador 3. De este modo, la tensión U_K de salida del comparador 3 se pone en el nivel L_0 binario; además se pone el multivibrador 4 biestable de disposición - reposición (\rightarrow SET). Q_1 está situada en el nivel H_i binario, y un ciclo más tarde, la tensión Q_2 de salida del multivibrador biestable de datos, está situada en el nivel H_i binario. Q_2 sirve para la conmutación de la tensión U_{ref} de referencia y para el disparo del generador 6 de tiempo. La fase (1) de carga comienza de nuevo. En el instante $T = t_1 + t_2$ la tensión U_a de salida se puede describir matemáticamente mediante la fórmula siguiente:

$$U_a(T) = U_{th} = U_a(t_1) + \frac{1}{RC}U_e \cdot t_2 \quad (2)$$

Introduciendo $U_a(t_1)$ de la fórmula (1), en la fórmula (2), se deduce en el estado estabilizado del convertidor 1 A/D, la siguiente relación entre la tensión U_e de entrada y la duración T del periodo:

$$U_e = \frac{U_H \cdot t_1}{T} \quad (3)$$

Si la tensión U_H de referencia y el tiempo t_1 de retardo -retardo t_1 - predeterminado, son conocidos y constantes, se deduce la siguiente relación matemática:

$$U_e = \frac{U_H \cdot t_1}{T} = \frac{a}{T} \approx \frac{1}{T} \quad (4)$$

En estas condiciones la tensión U_e de entrada es pues indirecta o inversamente proporcional a la duración T del periodo, siendo $T = t_1 + t_2$.

Para medir la duración T del periodo, se registra con el contador 8 el tiempo entre dos flancos ascendentes o dos flancos descendentes de la señal U_{out} de salida modulada por la duración del impulso. La resolución de tiempo de la duración T del periodo, es función aquí muy esencialmente de la frecuencia f del ritmo del contador 8. Si el contador 8 se acciona con el ritmo T_s del sistema, para la mínima variación Δt mensurable de tiempo, es válida la siguiente relación matemática:

$$\Delta t = \frac{1}{T_s} \quad (5)$$

Este límite normal de resolución, se eleva en el convertidor 1 A/D según la invención.

Sin sincronización al ritmo T_s del sistema, o al ritmo del contador 8, se lleva a cabo la conmutación entre la fase (2) de descarga y la fase (1) de carga, siempre exactamente al alcanzar la tensión U_{th} umbral, o sea, en un instante cuando está descargada de nuevo la carga almacenada en el elemento 2 integrador durante la fase (1) de carga. Según

ES 2 333 734 T3

la invención, el convertidor 1 A/D y el contador 8, se sincronizan con el ritmo T_s del sistema, o con el ritmo f del contador 8.

Gracias a la sincronización del convertidor 1 A/D, del contador 8 y del generador 6 de tiempo, con el ritmo T_s del sistema o con el ritmo f del contador, la conmutación antes citada no tiene lugar hasta el siguiente ciclo del ritmo T_s del sistema o del ritmo f del contador. La conmutación entre las dos fases no tiene lugar pues para U_{th} , sino por encima de U_{th} . De este modo se produce una carga residual en el elemento 2 integrador que se suma con cada conversión, y conduce por fin a un salto del valor de conteo. Se genera un ciclo de valores de medida con la resolución del contador 8. Una formación del valor medio de n valores de medida de este ciclo, eleva la resolución al menos en el factor n .
Cuanto mayor sea el número de los varios promediados de medida, tanto mejor será también la resolución A . Una duplicación de los valores promediados de medida, conduce al menos a una duplicación de la resolución y, por tanto, a una duplicación de la exactitud de la medida.

En la figura 3 está representada como ejemplo para un ciclo, la tensión U_e en función de los valores del contador 8. Aquí está representado cómo se modifica la tensión U_a de salida del elemento 2 integrador en función del tiempo durante un ciclo, en el que transcurren una multitud de fases de carga y descarga. Para una frecuencia del ciclo de 10 kHz, los valores del contador tienen una resolución de $10 \mu s$. Durante el ciclo el contador 8 produce cuatro veces el valor $130 \mu s$ del contador, y siete veces el valor $140 \mu s$ del contador. En el microprocesador 10 se forma el valor medio de los once valores de la medida, de manera que se obtiene el valor exacto $136,3636 \mu s$, aunque la resolución propiamente dicha del contador asciende sólo a $10 \mu s$.

Como ejemplo en la figura 4 está representada la ganancia de resolución que se consigue en el dispositivo según la invención mediante la formación del valor medio. En especial está esbozado aquí el error en la medición del tiempo respecto al número n de las mediciones realizadas en un ciclo. Referido al ejemplo mostrado en la figura 3, el error alcanza el valor cero para una formación del valor medio de $n = 11$ mediciones. Claro que sólo se puede garantizar la curva envolvente $1/n$. Teóricamente con la solución según la invención, se puede lograr una resolución de cualquier magnitud, cuando la ventana de la medida o la duración de la medida, se aumente correspondientemente. La exactitud de la medida va desde luego a costa de la velocidad de medida, no obstante, esto solamente tiene una importancia secundaria, en cada caso según el tipo de la aplicación o según el tipo de la medición. Prácticamente a la resolución se ponen límites, por cierto, mediante la aparición de ruidos y de faltas de linealidad.

Debido a la relación no lineal, representada en la fórmula (3), entre la tensión U_e de entrada y la duración T del periodo, la resolución de la tensión medida no es lineal. Grandes tensiones U_e de entrada producen pequeñas duraciones T del periodo, y tienen menor resolución. Según la invención se utiliza para la evaluación, de preferencia el algoritmo citado a continuación:

Se conecta un contador con entrada capture-compare, para una duración X de la medida (por ejemplo, $X = 4$ ms). Las indicaciones del contador para las interrupciones I producidas por los flancos de la señal U_{out} modulada por la duración del impulso, se almacenan en la unidad 11 de memoria como sigue. El primer valor del contador se almacena en una variable Z_1 ; los siguientes recubriendo, en la variable Z . El número de las interrupciones de establece en una variable I . Tras transcurrir la duración X de la medida, se puede calcular ahora la tensión U_e como sigue:

$$U_e = \frac{a}{Z - Z_1} \cdot (I - 1) \quad (6)$$

Una tensión U_e pequeña de entrada que produzca una duración T del periodo algo menor que X , no se promedia y se mide con la resolución del contador 8. Una tensión U_e grande de entrada que produzca una duración T del periodo muy pequeña, se mide con mucha frecuencia y se promedia, elevándose la resolución por el método antes descrito. Por eso la resolución mínima la tiene una señal con una duración $T = X/2$ del periodo. La resolución A del convertidor 1 A/D se puede describir a continuación mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{X}{2} \cdot T_s \quad (7)$$

Si por ejemplo, la duración de la medida asciende a $X = 4$ ms, y el ritmo del sistema $T_s = 8$ MHz, la resolución A del convertidor 1 A/D según la invención, asciende a $A = 16.000$ ó 14 bits.

En el software del microprocesador 10 se controlan los siguientes errores.

Se reconoce una subtensión cuando no aparece ningún par de flancos de la señal de salida modulada por la duración del impulso, o ningún par de interrupciones, durante la duración X de la medida. Esto es un indicador de que la tensión de la medida, o la tensión U_e de entrada, es demasiado pequeña.

ES 2 333 734 T3

Una sobretensión se puede reconocer porque el tiempo T_1 de procesamiento de las interrupciones se hace más largo que la duración T del periodo, y se llega a un error de medida. Por consiguiente es necesario limitar el número máximo de las interrupciones a X/T_1 .

5 A continuación se citan todavía una vez más las ventajas del dispositivo según la invención:

En principio no se introducen en la medición los siguientes errores:

- 10 - Si el generador 6 de tiempo se sincroniza con el ritmo f del contador, la deriva del tiempo t_1 de carga (por ejemplo, por variaciones de temperatura o por exceso de duración del servicio) no influye el resultado de la medida.
- 15 - Si todos los ciclos de los componentes 6, 8, 1 se dirigen por el mismo ritmo T_s , las derivas del ritmo T_s (por ejemplo, por causa de variaciones de temperatura o por exceso de duración del servicio) no tienen importancia ninguna.
- Asimismo, oscilaciones en la tensión U_{th} umbral y en el elemento RC, no actúan negativamente sobre el resultado de la medida, en tanto que las oscilaciones no aparezcan dentro de un ciclo de medida.
- 20 - Además, los tiempos de respuesta del circuito digital, que tienen influencia sobre la duración t_2 del tiempo de la segunda fase de descarga, no tienen influencia ninguna sobre el resultado de la medida.

Además, mediante la compensación a dos puntos, se pueden eliminar los siguientes errores:

- 25 - Todas las magnitudes desviadoras analógicas en el amplificador OP1 (puesto que aquí, tan sólo una deriva puede producir un error de medida).
- El valor de las resistencias de conexión del conmutador 7 analógico.
- 30 - Los tiempos de conmutación que actúan sobre la duración t_1 del tiempo de la fase de carga.
- El error absoluto de la tensión U_H de referencia (también aquí sólo una deriva puede producir un error de medida).

35 Lista de símbolos de referencia

- 1 Convertidor A/D
- 2 Elemento integrador
- 40 3 Comparador
- 4 Multivibrador biestable de disposición-reposición / elemento de memoria
- 45 5 Multivibrador biestable de datos / elemento de sincronización
- 6 Generador de tiempo
- 7 Conmutador analógico
- 50 8 Contador
- 9 Reloj secuenciador
- 55 10 Microprocesador
- 11 Unidad de memoria
- OP1 Amplificador operacional
- 60 R Resistencia
- C Condensador
- 65 U_{out} Señal de salida modulada por la duración del impulso
- U_e Tensión de medida

ES 2 333 734 T3

	U_{ref}	Tensión de referencia
	U_a	Señal de salida del amplificador operacional
5	U_{th}	Tensión umbral
	Q_1	Tensión en el elemento de memoria
10	Q_2	Tensión en el elemento de sincronización
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la digitalización de una tensión (U_e) de medida, con un convertidor (1) analógico/digital que presenta un elemento (2) integrador con un amplificador (OP1) operacional, con una resistencia (R) y con una capacidad (C) en el circuito de realimentación, aplicándose en la entrada invertible del amplificador (OP1) operacional una tensión (U_{ref}) de referencia, y aplicándose en la entrada no invertible del amplificador (OP1) operacional, la tensión (U_e) de medida, cargándose el condensador (C) durante una fase de carga con un tiempo (t_1) de carga, y descargándose durante una fase de descarga con un tiempo (t_2) de descarga, correspondiendo la suma de tiempo (t_1) de carga y tiempo (t_2) de descarga a la duración (T) de un periodo, comprendiendo además el convertidor (1) analógico/digital un comparador (3) conectado a continuación del amplificador (OP1) operacional, un elemento (4) de memoria conectado a continuación del comparador (3), un generador (6) de tiempo que produce el tiempo (t_1) de carga y un contador (8), aplicándose en la entrada invertible del comparador (3), la tensión (U_a) de salida del elemento (2) integrador, y en la entrada no invertible del comparador (3), una tensión (U_{th}) umbral, facilitando el convertidor (1) A/D en su salida, una señal (U_{out}) de salida modulada por la duración del impulso, con flancos y con la duración ($T = t_1 + t_2$) del periodo, detectando el contador (8) los flancos o la duración ($T = t_1 + t_2$) del periodo de la señal (U_{out}) de salida modulada por la duración del impulso, **caracterizado** porque la tensión (U_{ref}) de referencia y el tiempo (t_1) de carga, son constantes, de manera que la tensión (U_e) de entrada es inversamente proporcional a la duración (T) del periodo, y estando previsto un elemento (5) de sincronización que dentro de una duración predeterminada de la medida con una multitud de fases de carga y de descarga, sincroniza los flancos de la señal (U_{out}) de salida modulada por la duración del impulso, con el ritmo del contador (8), llevándose a cabo una conmutación entre las fases de carga y descarga mediante la sincronización con el contador (8) para una tensión (U_a) de salida que está situada por encima de la tensión (U_{th}) umbral, con lo que dentro de la duración predeterminada de la medida, se genera un ciclo de n valores de la medida con la resolución del contador (8).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que está previsto un microprocesador que forma el valor medio de los n valores de medida, con lo que la resolución del convertidor (1) A/D se eleva al menos en el factor n.

3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que está previsto un conmutador (7) analógico que conmuta la tensión (U_{ref}) de referencia que se aplica en la entrada invertible del amplificador (OP1) operacional, entre dos valores diferentes de tensión (U_H , medida).

4. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 3, en el que como tensión (U_{ref}) de referencia se proporciona en la entrada invertible del amplificador (OP1) operacional, la tensión (Q_2) que está disponible en la salida del elemento (6) de sincronización.

5. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que como tensión (U_{ref}) de referencia se proporciona en la entrada invertible del amplificador (OP1) operacional, la tensión (Q_1) que está disponible en la salida del elemento (4) de memoria.

6. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que en el elemento (4) de memoria, se trata de un multivibrador biestable de disposición - reposición.

7. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 4, en el que en el elemento (5) de sincronización, se trata de un multivibrador biestable de datos.

8. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el contador (8) presenta una entrada capture-compare, estando conectado el contador (8) durante la duración predeterminada de medida, y detectando los flancos de la señal (U_{out}) de salida modulada por la duración del impulso, como valores del contador, y estando previsto un microprocesador que determina la tensión (U_e) de entrada a partir de los valores del contador, en especial mediante la formación de un valor medio de varios valores del contador.

9. Dispositivo según la reivindicación 1 u 8, en el que al microprocesador está coordinada una unidad de memoria, almacenándose en la unidad de memoria el número de las interrupciones (I) producidas por los flancos de la señal (U_{out}) de salida modulada por la duración del impulso, y calculando el microprocesador (9) la tensión (U_e) de entrada tras transcurrir la duración de medida, según la fórmula siguiente:

$$U_e = \frac{a}{Z - Z_1} \cdot (I - 1)$$

en donde la variable Z_1 corresponde al primer valor del contador, en donde Z representa los valores siguientes del contador, que se almacenan recubriendo los datos en la unidad de memoria, y en donde la magnitud I refleja el número de las interrupciones contadas durante la duración de la medida, y representando a, una constante.

10. Dispositivo según la reivindicación 8 ó 9, en el que el microprocesador reconoce sub y sobretensiones, y genera una señal de error.

ES 2 333 734 T3

11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que el microprocesador se adapta a la duración de la medida, de manera que se impide la aparición de sub y sobretensiones.

12. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, en el que el contador (8) funciona con el ritmo (T_s) del sistema.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

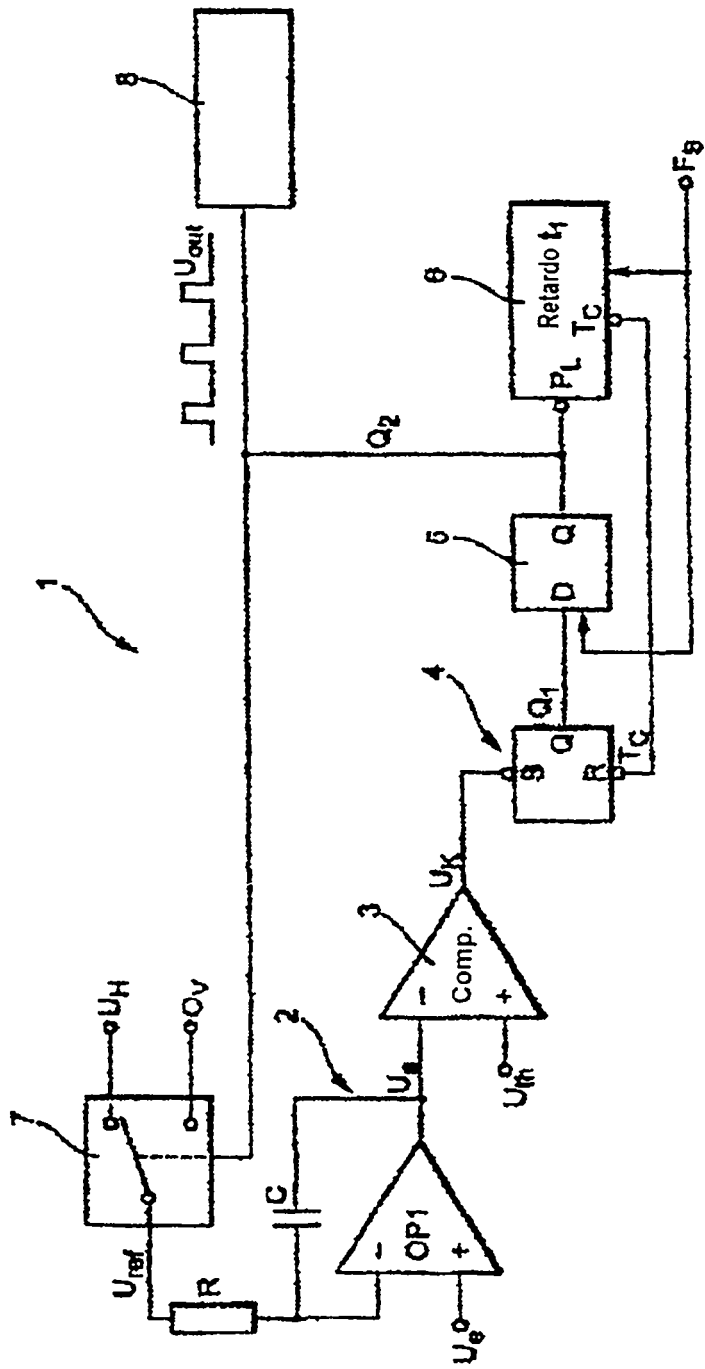


Fig. 1

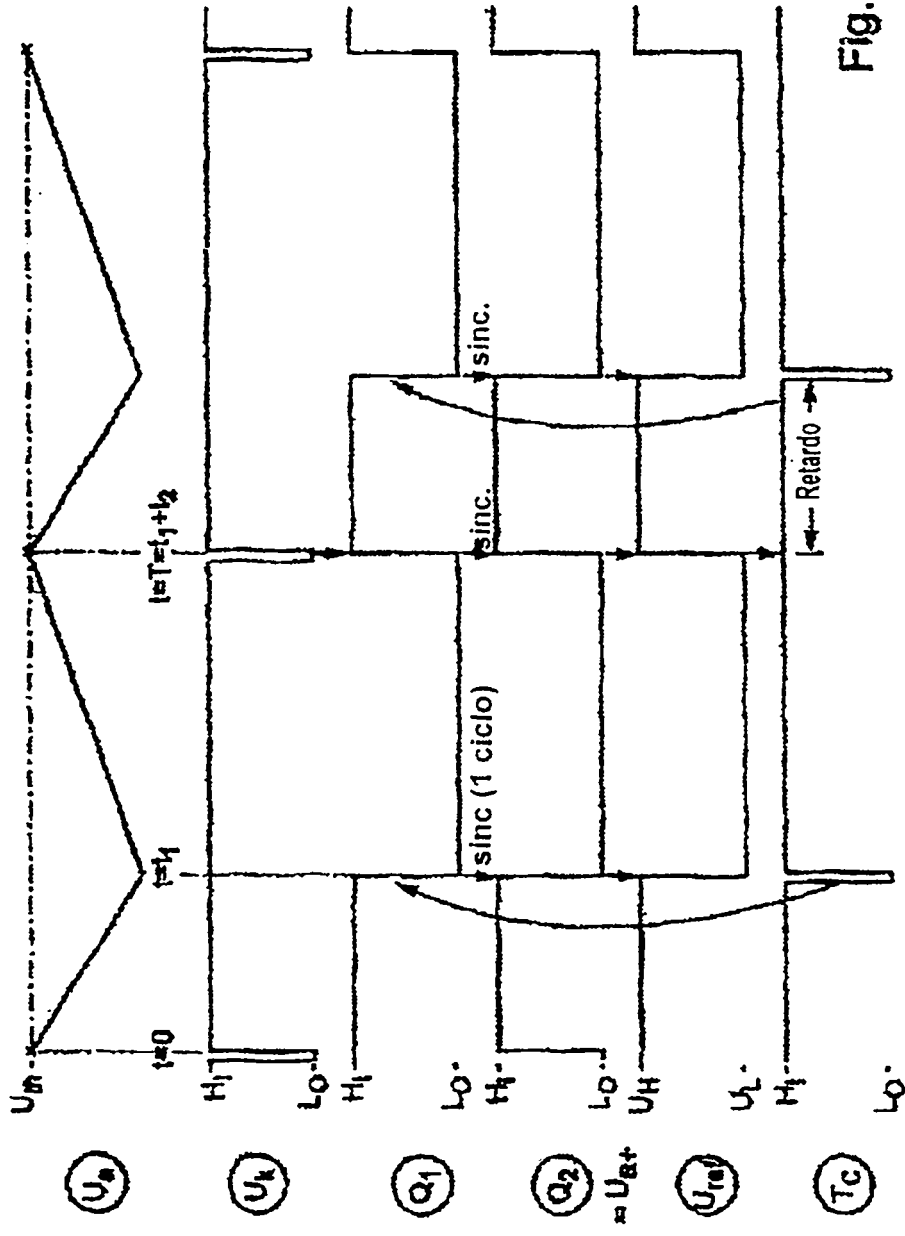


Fig. 2

