

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 384**

51 Int. Cl.:

H03K 17/955 (2006.01)

H03K 17/96 (2006.01)

G06F 3/041 (2006.01)

G06F 3/044 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2016** **PCT/EP2016/065190**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017** **WO17001510**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2016** **E 16739425 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2023** **EP 3317968**

54 Título: **Procedimiento para medir un valor de capacitancia**

30 Prioridad:

01.07.2015 DE 102015008485

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2024

73 Titular/es:

**KOSTAL AUTOMOBIL ELEKTRIK GMBH & CO.
KG (100.0%)**

**An der Bellmerei 10
58513 Lüdenscheid, DE**

72 Inventor/es:

LEXOW, CARL CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES, S.L.P.

ES 2 970 384 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).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para medir un valor de capacitancia

5 **[0001]** La invención se refiere a un procedimiento para medir un valor de capacitancia C_M de un elemento sensor capacitivo mediante un procedimiento de integración, estando conectado eléctricamente en un nodo de circuito común un borne del elemento sensor con un primer borne de un condensador de integración con un valor de capacitancia C_I conocido, que es grande en comparación con el valor de capacitancia C_M del elemento sensor, y midiéndose después de haberse realizado un número I_Z de ciclos de integración mediante un convertidor A/D una tensión U_{CI} aplicada al condensador de integración.

15 **[0002]** Los procedimientos del tipo mencionado en este caso se usan para evaluar sensores de contacto o de proximidad capacitivos. Un sensor de este tipo puede detectar la presencia y, en caso de una configuración correspondiente, también el lugar de un contacto o la aproximación de un objeto, como por ejemplo un dedo del usuario o un lápiz, en una zona sensible. La zona sensible al contacto puede estar superpuesta a este respecto por ejemplo a una pantalla de visualización. En una aplicación de visualización, el sensor de contacto o proximidad puede permitir al usuario interactuar directamente con lo que está representado en la pantalla y no solo de forma indirecta, mediante un ratón o un aparato de entrada similar.

20 **[0003]** Hay una serie de diferentes tipos de sensores de contacto, como por ejemplo sensores de contacto resistivos, sensores de contacto con ondas acústicas superficiales y sensores de contacto capacitivos, habiéndose extendido entre tanto más los que se indican en último lugar, con los que en particular puede detectarse también una simple aproximación.

25 **[0004]** Cuando un objeto tiene contacto con la superficie de un sensor de contacto capacitivo o se aproxima a la misma, se produce una variación del valor de capacitancia del sensor. El objetivo de un aparato de control del sensor asignado o del procedimiento de medición usado por este es procesar esta variación de la capacitancia para detectar el contacto o la aproximación que la provoca. La dificultad especial en este sentido está en que los valores de capacitancia de los sensores y, en particular, las variaciones que han de detectarse son muy pequeños. Por este motivo, para su medición se usan frecuentemente llamados procedimientos de integración, en los que se transmiten en varios ciclos sucesivos pequeñas cantidades de carga del elemento sensor, cuyo valor de capacitancia es relativamente pequeño y variable, a un condensador de integración con un valor de capacitancia fijo conocido y claramente más grande.

35 **[0005]** Por la publicación para información de solicitud de patente alemana DE 10 2010 041 464 A1, así como por el modelo de utilidad alemán DE 299 24 441 U1 se conocen respectivamente procedimientos para medir un valor de capacitancia de un elemento sensor capacitivo según el preámbulo de la reivindicación 1. Los procedimientos para medir un valor de capacitancia descritos en este caso son procedimientos de integración del tipo que se acaba de mencionar, estando conectado eléctricamente un borne del elemento sensor con un primer borne del condensador de integración en un nodo de circuito común.

45 **[0006]** Para la realización de la medición se usan varios métodos. Por ejemplo, después de realizar un número especificado de los llamados ciclos de integración, la tensión aplicada al condensador de integración que resulta de la suma de las transferencias de carga que han tenido lugar a este respecto puede medirse y digitalizarse mediante un convertidor A/D. Como resultado de la medición, se usa la tensión medida propiamente dicha, o su valor digitalizado, o el valor de la capacitancia de medición calculado a partir de este valor y las magnitudes constantes conocidas de la capacitancia del condensador de integración, la tensión de alimentación y el número de ciclos de integración. Alternativamente a ello, también puede medirse en cada ciclo de integración individual la tensión aplicada al condensador de integración terminarse la medición cuando se alcance un valor umbral especificado. En este caso, la magnitud de medición es el número de ciclos de integración realizados hasta alcanzar la tensión umbral.

50 **[0007]** Un procedimiento del último tipo descrito, en el que la magnitud de medición relevante es un número de ciclos de integración realizados en último lugar, se conoce, por ejemplo, por la publicación para información de solicitud de patente europea EP 2 717 136 A1.

55 **[0008]** La resolución de estos procedimientos de medición y, por lo tanto, el límite para poder distinguir entre dos estados o valores de capacitancia, depende en gran medida de la resolución del convertidor A/D usado. Mediante un convertidor A/D solo pueden registrarse tensiones en determinados niveles discretos. Estos niveles también se denominan intervalos de cuantificación. Por lo tanto, se cuantifica el rango a medir, es decir, se divide en rangos discretos, en este caso en niveles de tensión. Durante una medición se asigna por lo tanto a la tensión real, es decir, la que se ha medido de manera analógica, el valor del siguiente nivel superior o inferior como valor de medición digital, según cuál de estos niveles se encuentre más cerca del mismo. La desviación de la tensión real del nivel de tensión emitido por el convertidor A/D es el error de cuantificación. Por lo tanto, en la medida en la que se habla a continuación del valor de tensión medido por el convertidor A/D, esto se refiere respectivamente al valor digital del nivel de tensión emitido por el convertidor A/D.

[0009] La ventaja del procedimiento de acuerdo con la presente invención en comparación con el que se ha descrito anteriormente está en que se consigue una mayor resolución del resultado de medición con una resolución idéntica del convertidor A/D.

5 **[0010]** De acuerdo con la invención esto se consigue mediante las siguientes etapas de procedimiento:

- a) Fijar un número N de ciclos de integración a realizar a un valor inicial N_{start} y determinar un valor final N_{End} para el número N de ciclos de integración a realizar
- b) Inicializar un valor de suma de tensiones U_{Ges} al valor cero
- 10 c) Inicializar el número IZ de ciclos de integración realizados al valor cero
- d) Conectar el nodo de circuito común (3) y un segundo borne (2'') del condensador de integración (2) a un potencial de tierra GND
- e) Realizar el proceso de integración hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados haya alcanzado el número N de ciclos de integración a realizar
- 15 f) Sumar el valor de tensión $U_{Ci}(N)$ actualmente determinado mediante el convertidor A/D al valor de suma de tensiones U_{Ges}
- g) Aumentar el número N sumando un valor n, siendo n superior o igual a 1 e inferior a $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$,
- h) Repetir las etapas de procedimiento desde la etapa e) hasta que el número N rebase el valor final N_{End} determinado
- 20 i) Evaluar el valor de suma de tensiones U_{Ges} como resultado de medición.

[0011] En una configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que el procedimiento de integración comprenda las siguientes etapas de procedimiento:

- 25 e1) Mantener libre de potencial el nodo del circuito común (3), aplicándose simultáneamente una tensión de alimentación U_v conocida al segundo borne (2'') del condensador de integración (2)
- e2) Separar la tensión de alimentación U_v del segundo borne (2'') del condensador de integración (2), conectándose simultáneamente el nodo del circuito común (3) con el potencial de tierra GND
- 30 e3) Aumentar el número de ciclos de integración IZ realizados sumando el valor uno y repetir las etapas de procedimiento desde la etapa e1) hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados haya alcanzado el número N de ciclos de integración a realizar actualmente especificado
- e4) Medir la tensión $U_{Ci}(N)$ aplicada al condensador de integración (2) mediante el convertidor A/D (4).

35 **[0012]** A continuación, la invención se explicará con referencia al dibujo adjunto.

[0013] A este respecto muestran:

- 40 **la figura 1:** a) una representación esquemática de la disposición de medición para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención
- b) una representación de la secuencia temporal de una integración con N ciclos de integración como diagrama de control de tiempos de los interruptores de a)

la figura 2: el curso de la tensión $U_{Ci}(N)$ aplicada al condensador de integración como función del número N de los ciclos de integración

45 **[0014]** El dibujo muestra en la figura 1 a) una disposición de medición para realizar el procedimiento de acuerdo con la invención para medir un valor de capacitancia C_M de un elemento sensor capacitivo 1 en una representación esquemática como diagrama de conexiones. El elemento sensor 1 forma a este respecto, por ejemplo, un sensor de contacto, por ejemplo en forma de un electrodo, que tiene una capacitancia propia con un valor de capacitancia C_M con respecto a un potencial de masa o tierra relativo. En caso de un contacto o una aproximación al electrodo, por ejemplo de un dedo de un usuario, este valor de capacitancia C_M cambia por la capacitancia de contacto, que este presenta con respecto al potencial de masa o tierra.

55 **[0015]** En un nodo de circuito común 3, un borne del elemento sensor 1 está conectado eléctricamente con un primer borne 2' de un condensador de integración 2. El valor de capacitancia C_i conocido del condensador de integración 2 es a este respecto grande en comparación con el valor de capacitancia C_M a determinar del elemento sensor 1. El nodo de circuito común 3 está conectado además con un primer interruptor S1 y, dependiendo de la posición del interruptor, puede conectarse mediante este a elección con el potencial de masa o tierra GND o con una tensión de alimentación fija U_v o puede estar libre de potencial, es decir, mantenerse abierto (NC).

60 **[0016]** Un segundo borne 2'' del condensador de integración 2 está conectado eléctricamente con un segundo interruptor S2 y, dependiendo de la posición del interruptor, puede conectarse mediante este a elección con el potencial de masa o tierra GND o con una tensión de alimentación fija U_v o puede conectarse con una entrada de un convertidor A/D 4.

65 **[0017]** Para medir el valor de capacitancia C_M se usa un procedimiento de integración en principio conocido, en el

que se transfieren en varios ciclos sucesivos pequeñas cantidades de carga del elemento sensor 1 al condensador de integración 2. Después de un número N de estas transferencias de carga denominadas ciclos de integración, se mide mediante el convertidor A/D 4 la tensión $U_{CI}(N)$ aplicada en este momento al condensador de integración 2. La tensión $U_{CI}(N)$ es directamente proporcional al valor de capacitancia C_M y por lo tanto una medida de este. Un desarrollo a modo de ejemplo de un procedimiento de integración de este tipo se describe con ayuda del diagrama de control de tiempos mostrado en la figura 1 b) de los interruptores S1 y S2 de la figura 1 a), representando las siguientes etapas el desarrollo de un ciclo de integración (Integration Cycle):

[0018] El nodo de circuito común 3 conectado con el primer borne 2' del condensador de integración 2 se mantiene abierto y, por lo tanto, libre de potencial mediante el interruptor S1, aplicándose simultáneamente mediante el interruptor S2 la tensión de alimentación U_v al segundo borne 2" del condensador de integración 2. A continuación, se separa la tensión de alimentación U_v mediante el interruptor S2 del segundo borne 2" del condensador de integración 2 y este se mantiene libre de potencial, conectándose simultáneamente el nodo de circuito común 3 mediante el interruptor S2 al potencial de tierra GND.

[0019] Durante el transcurso de una medición, las etapas de este ciclo de integración se llevan a cabo repetidamente, concretamente hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados haya alcanzado un número N especificado (fase de integración).

[0020] Posteriormente, se mide mediante el convertidor A/D 4 la tensión $U_{CI}(N)$ aplicada al condensador de integración 2 después de estos N ciclos de integración, conectándose el segundo borne 2" del condensador de integración 2 mediante el interruptor S2 con la entrada del convertidor A/D 4 (fase de detección).

[0021] El valor de tensión $U_{CI}(N)$ (digital) medido se transmite a un equipo de control y evaluación 5 para su posterior procesamiento y evaluación. El equipo de control y evaluación 5 controla el desarrollo de todo el procedimiento descrito y comprende para ello por ejemplo un microcontrolador como elemento central.

[0022] De acuerdo con la presente invención, la medición con N ciclos de integración que se acaba de describir forma parte de una secuencia de orden superior, que comprende varias mediciones de este tipo, con respectivamente diferentes valores del número N de ciclos de integración a realizar, concretamente de la siguiente manera, que también se deduce claramente de la representación mostrada en la figura 2 del curso de la tensión $U_{CI}(N)$ aplicada al condensador de integración 2 como función del número N de ciclos de integración:

En primer lugar, el número N de ciclos de integración a realizar se fija a un valor inicial N_{start} para la primera medición en el marco de la secuencia de orden superior. Simultáneamente se determina un valor objetivo o final N_{End} para el número N de ciclos de integración a realizar como máximo para la última medición en el marco de la secuencia de orden superior. Un valor de suma de tensiones U_{Ges} se inicializa al valor cero.

[0023] El número IZ de ciclos de integración realizados se inicializa al principio al valor cero. Además, para inicializar el proceso de medición, se conecta el nodo de circuito común 3 conectado con el primer borne 2' del condensador de integración 2 y el segundo borne 2" del condensador de integración 2 con el potencial de tierra GND y, por lo tanto, la tensión U_{CI} aplicada al condensador de integración 2 se pone a cero (fase de reseteo).

[0024] A continuación, se lleva a cabo el procedimiento de integración anteriormente descrito, concretamente hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados, que se incrementa en cada realización sumándose el valor uno, haya alcanzado el número N actualmente válido de ciclos de integración a realizar. A continuación, se determina mediante el convertidor A/D el valor de tensión $U_{CI}(N)$ aplicado al condensador de integración 2 y este se suma al valor de suma de tensiones U_{Ges} actualmente válido.

[0025] A continuación, se aumenta el número N de ciclos de integración a realizar sumándose un valor n y se repiten las etapas descritas en el párrafo anterior con el nuevo número N. A este respecto, ni se resetea el número IZ de ciclos de integración realizados ni se elimina la tensión actualmente aplicada al condensador de integración 2, de modo que efectivamente solo se realizan otros n ciclos de integración, aumentando a este respecto correspondientemente la tensión aplicada al condensador de integración 2. El valor de aumento n es a este respecto al menos igual a 1 e inferior a la diferencia $N_{Diff} = N_{End} - N_{start}$ entre el valor inicial N_{start} y el valor objetivo o final N_{End} . Para obtener una cantidad no demasiado pequeña de mediciones con respectivamente N ciclos de integración como parte de la secuencia de orden superior, el valor de aumento n se elegirá por regla general significativamente más pequeño que N_{Diff} . A este respecto, o bien puede variar de una etapa a otra o adoptar un valor constante de, por ejemplo, $n=1$, $n=2$, $n=3$ u otro valor. La repetición de la etapa descrita en el párrafo anterior con el nuevo número N se realiza hasta que el número N rebasa el valor final N_{End} determinado al principio.

[0026] En la figura 1b), esto se está representado a modo de ejemplo para $n=2$ con ayuda de las dos primeras fases de integración y detección. La primera fase de integración comprende a este respecto N_{start} ciclos de integración. A continuación tiene lugar la primera fase de detección, en la que se mide la tensión $U_{CI}(N_{start})$ actualmente aplicada al condensador de integración 2.

[0027] En la siguiente, segunda fase de integración, se llevan a cabo otros $n=2$ ciclos de integración, de modo que

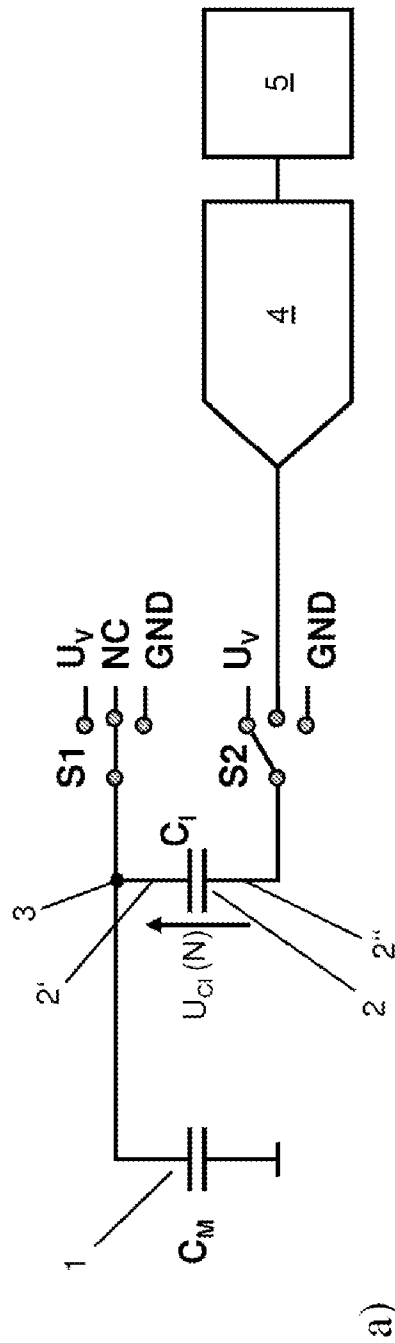
la tensión $U_{Ci}(N_{Start} + 2)$ aplicada al condensador de integración 2 resulta ahora de un total de $N_{start} + 2$ ciclos de integración. La medición continúa de esta manera hasta que se mida finalmente como último valor la tensión $U_{Ci}(N_{End})$.

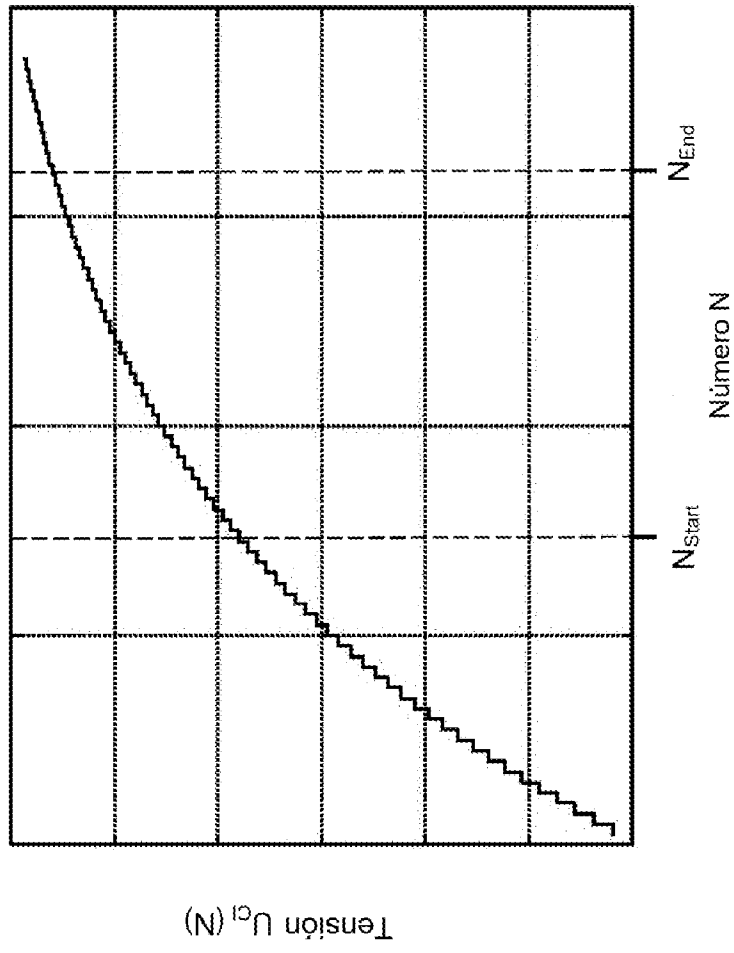
5 **[0028]** El valor de suma de tensiones U_{Ges} sumado hasta este momento a partir de las tensiones $U_{Ci}(N)$ respectivamente medidas se evalúa en este caso como resultado de la medición.

10 **[0029]** Como se ha descrito, en el valor de suma de tensiones U_{Ges} se tienen en cuenta como sumandos los valores de tensión $U_{Ci}(N)$ individualmente medidos. Cada uno de estos valores de tensión $U_{Ci}(N)$ se ha determinado a este respecto mediante el convertidor A/D 4 y, por lo tanto, está sujeto a un error de cuantificación, como ya se ha explicado anteriormente. A este respecto, la cuantificación se ejecuta linealmente en el rango de medición, es decir, la altura de nivel de los niveles de tensión emitidos por el convertidor A/D 4 es respectivamente la misma. No obstante, puesto que el curso de la tensión $U_{Ci}(N)$ aplicada al condensador de integración 2 como función del número N de ciclos de integración no es lineal, como puede verse en la figura 2, resulta una distribución estadística de los errores de cuantificación, que en suma conduce al menos a una compensación parcial de los mismos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para medir un valor de capacitancia C_M de un elemento sensor capacitivo (1) mediante un procedimiento de integración, estando conectado eléctricamente en un nodo de circuito común (3) un borne del elemento sensor (1) con un primer borne (2') de un condensador de integración (2) con un valor de capacitancia C_I conocido, que es grande en comparación con el valor de capacitancia C_M del elemento sensor (1), y midiéndose después de haberse realizado un número IZ de ciclos de integración mediante un convertidor A/D (4) una tensión U_{CI} aplicada al condensador de integración (2), mientras que el nodo del circuito común (3) está conectado con un potencial de masa (GND),
5 **caracterizado por** las etapas de procedimiento:
10
 - a) Fijar un número N de ciclos de integración a realizar a un valor inicial N_{Start} y determinar un valor final N_{End} para el número N de ciclos de integración a realizar
 - b) Inicializar un valor de suma de tensiones U_{Ges} al valor cero
 - 15 c) Inicializar el número IZ de ciclos de integración realizados al valor cero
 - d) Conectar el nodo del circuito común (3) y un segundo borne (2'') del condensador de integración (2) al potencial de tierra GND
 - e) Realizar el proceso de integración hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados haya alcanzado el número N de ciclos de integración a realizar
 - 20 f) Sumar el valor de tensión $U_{CI}(N)$ actualmente determinado mediante el convertidor A/D al valor de suma de tensiones U_{Ges}
 - g) Aumentar el número N sumando un valor n, siendo n superior o igual a 1 e inferior a $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$
 - h) Repetir las etapas de procedimiento desde la etapa e) hasta que el número N rebase el valor final N_{End} determinado
 - 25 i) Evaluar el valor de suma de tensiones U_{Ges} como resultado de medición.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo el valor n del aumento un valor constante.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, variando el valor n del aumento de etapa a etapa.
30
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo el procedimiento de integración las siguientes etapas de procedimiento:
35
 - e1) Mantener libre de potencial el nodo del circuito común (3), aplicándose simultáneamente una tensión de alimentación U_v conocida al segundo borne (2'') del condensador de integración (2)
 - e2) Separar la tensión de alimentación U_v del segundo borne (2'') del condensador de integración (2), conectándose simultáneamente el nodo del circuito común (3) con el potencial de tierra GND
 - e3) Aumentar el número de ciclos de integración IZ realizados sumando el valor uno y repetir las etapas de procedimiento desde la etapa e1) hasta que el número IZ de ciclos de integración realizados haya alcanzado el número N de ciclos de integración a realizar actualmente especificado
 - 40 e4) Medir la tensión $U_{CI}(N)$ aplicada al condensador de integración (2) mediante el convertidor A/D (4).





$$U_{c_i}(N) = \sum_{k=1}^N \frac{C_M}{C_M + C_I} \bullet (U_V - U_{c_i}(k-1)) \quad U_{c_i}(0) = 0$$

Fig. 2