



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 01 678 A1** 2004.08.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 01 678.3**

(22) Anmeldetag: **17.01.2003**

(43) Offenlegungstag: **05.08.2004**

(51) Int Cl.7: **G01D 21/00**

(71) Anmelder:
EnOcean GmbH, 82041 Oberhaching, DE

(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

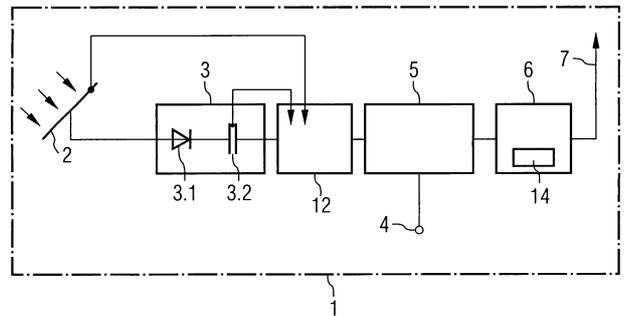
(72) Erfinder:
**Sczesny, Oliver, 85609 Aschheim, DE; Bulst,
Wolf-Eckardt, 81739 München, DE; Schmidt,
Frank, 85604 Zorneding, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sensor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen energieautarken Sensor zur Erfassung von physikalischen Umgebungsparametern, mit zumindest einem Sensorelement, einem Speicherelement und einer Steuerschaltung, wobei eine Timerschaltung, die mit dem Erreichen einer vorbestimmten elektrischen Spannung an dem Speicherelement aktiviert wird und in vorbestimmten Zeitintervallen den Sensor und die Steuerschaltung aktiviert und nach einer vorbestimmten Betriebszeit deaktiviert, so daß eine Zeitdauer eines Sensorbetriebes und einer Sensorbetriebspause entsteht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Sensor zur Erfassung von physikalischen Umgebungsparametern, mit zumindest einem Sensorelement, einem Speicherelement und einer Steuerschaltung.

Stand der Technik

[0002] Sensoren, auch energieautarke Sensoren, zur Erfassung von Meßwerten und anderen physikalischen Größen sind z. B. aus der EP 0918212 A1 bekannt. Daraus sind Sensoren, die Meßwerte erfassen und die Meßwerte an eine insbesondere zentrale und rechnergestützt arbeitende Auswerteeinrichtung weiterleiten bekannt. Um dabei eine aufwendige kostenintensive und optisch eher nachteilige Verkabelung und eine, bei Batterie und Akkumulatorbetrieb begrenzte Betriebszeit und einem dadurch begründeten Wechsel bzw. Aufladen der Stromquelle in regelmäßigen Intervallen zu vermeiden, sind dort Sensoren, insbesondere Temperatursensoren vorgeschlagen, die Meßwerte erfassen und die Meßwerte an eine insbesondere zentrale und rechnergestützt arbeitende Auswerteeinrichtung weiterleiten, wobei die Weiterleitung der Meßwerte mittels Funkübertragung von einer mit dem Sensor verbundenen und eine Antenne aufweisende Sendeeinrichtung zu einer Auswerteeinrichtung erfolgt und die Sendeeinrichtung von einem, die im Umfeld befindliche Energie umwandelnden Stromerzeuger, mit elektrischer Energie versorgt wird.

[0003] Zur Erfassung von physikalischen Größen, deren Energie nicht sinnvoll in elektrische Energie umgewandelt werden kann, so daß der Sensor damit betrieben werden kann, wie z. B. Feuchte, ist es erforderlich andere Energieformen, die am Standort eines Sensors vorhanden sind, in elektrische Energie umzuwandeln, oder Energiespeicher wie z. B. Batterien oder Akkumulatoren an der Stelle vorzusehen. Bei zum Beispiel einer Messung von Feuchte in der unmittelbaren bodennahen Umgebung einer Pflanze, kann weder von ausreichender thermischer oder kinematischer Energie zur Umwandlung in elektrische Energie ausgegangen werden, so daß an dieser Stelle zum Beispiel Licht, bzw. Solarenergie zur Umwandlung in elektrische Energie dienen muss.

[0004] Ein System zur Messung von Feuchte mit einer Funkübertragung der Meßwerte an eine zentrale Auswerteeinrichtung und mit einer Energieversorgung an den Sensoren mit Solarenergie ist in US 4,396,149 vorgeschlagen. Dabei erfolgt eine kontinuierliche Messung durch den Sensor, sowie eine kontinuierliche Energieversorgung durch ein fotovoltaisches Element. Zur ausreichender Energieversorgung des Sensorelementes mit Funkübertragung und zur kontinuierlichen Messung sind fotovoltaische Elemente von ausreichender Größe vorzuhalten. Dies ist nicht für alle Anwendungsfälle gewünscht und vorteilhaft.. Soll ein Sensorelement klein, unauf-

fällig und zuverlässig seinen Dienst, insbesondere auch in lichtschwachen Zeiten, wie z. B. Nacht verrichten, so eignet sich weder die Vorrichtung nach EP 0918212 A1 noch die Vorrichtung nach US 4,396,149.

Aufgabenstellung

[0005] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung zur Erfassung von physikalischen Größen einen energieautarken Sensor vorzuschlagen, der auch dann zuverlässig und regelmäßig zur Erfassung physikalischer Größen in der Lage ist, wenn am Messort nur schwache oder zeitweise keine Versorgung von in elektrische Energie wandelbarer Primärenergie wie z. B. Licht verfügbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, durch einen Sensor zur Erfassung von physikalischen Umgebungsparametern, mit

- einem Speicherelement zur Speicherung von elektrischer Energie
- einen Sensorelement zur Erfassung der physikalischen Umgebungsparameter,
- einer Steuerschaltung zur Codierung der erfaßten physikalischen Umgebungsparameter,

wobei eine Timerschaltung, die mit dem Erreichen einer vorbestimmten elektrischen Spannung an dem Speicherelement aktiviert wird und in vorbestimmten Zeitintervallen den Sensor und die Steuerschaltung aktiviert und nach kurzer Betriebszeit deaktiviert, so daß eine Zeitdauer eines Sensorbetriebes und einer Sensorbetriebspause entsteht.

[0007] Es ist vorteilhaft, besonders im Hinblick auf die Einsparung der zur Verfügung stehenden Energie, die Zeitdauer des Sensorbetriebes deutlich geringer ist als die Zeitdauer der Sensorbetriebspause zu gestalten.

[0008] Eine vorteilhafte Ausführungsform ist ein Sensor, welcher Informationen an andere Einrichtungen wie z. B. an eine stromnetzgebundene Bewässerungssteuerung oder an ein Busssystem weitergibt. Die Energie zum Betreiben des Sensors und der zugehörigen Funkschaltung wird aus dem Umgebungslicht geliefert, so daß keine Batterie zum Betreiben erforderlich ist Zur Übertragung der Information sind sowohl draht-, als auch funkgebundene Systeme einsetzbar. Der Einsatz von funkgebundener Informationsübertragung, vom erfindungsgemäßen Sensor zu einer anderen Einrichtung, beinhaltet den Vorteil, daß zum Beispiel keine Übertragungsleitungen zwischen der anderen Einrichtung und den Sensoren anzuordnen sind.

[0009] In einer vorteilhaften Ausführungsform, erzeugt ein fotovoltaisches Element eine elektrische Spannung bei Lichteinfall, zur Energieversorgung des Sensors. Dieses fotovoltaische Element ist so dimensioniert, daß auch bei kleinen Beleuchtungsstärken eine Spannung von ca. 2 Volt abgegeben wird. Da die gelieferte Leistung im allgemeinen für einen

Dauerbetrieb des Sensors nicht ausreicht, wird zunächst ein Speicherelement, vorzugsweise ein Kondensator oder ein elektrochemischer Energiespeicher mit elektrischer Energie aufgeladen.

[0010] Erreicht die elektrische Spannung an dem Speicherelement ein vorbestimmtes Niveau, wird eine Timerschaltung aktiviert, welche in vorbestimmten Abständen den gesamten Sensor aktiviert und deaktiviert. In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Zeitabstände zur Aktivierung und Deaktivierung des Sensors variabel und bei jeder Aktivierung durch die Steuerschaltung neu bestimmbar. Dazu wird insbesondere der Ladezustand des Speicherelementes, so wie wahlweise die Beleuchtungsstärke über der Solarzelle abgefragt. Beide, oder auch nur einer der beiden Parameter fließt in die neue Bestimmung der Zeitabstände ein. Damit sind möglichst lange Betriebsdauern des Sensors auch in Dunkelphasen, das heißt in Phasen in denen keine Energieversorgung durch Umgebungsenergie möglich ist, realisierbar.

[0011] Desweiteren ist zusätzlich durch das fotovoltische Element eine Messung der Beleuchtungsstärke bei jeder Aktivierung des Sensors möglich. Zusammen mit einer ID-Nummer des Sensors, dem Wert des Meßfühlers, zum Beispiel des Feuchtemeßfühlers, ist die Beleuchtungsstärke übertragbar.

[0012] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird von einem Hochfrequenzsender und eine an diesem angeschlossene Antenne die codierte Information abgestrahlt und an andere Einrichtungen übermittelt. Zur Erhöhung der Übertragungssicherheit ist das Funksignal dieser Übertragung vorteilhafterweise redundant aufgebaut, das heißt die Abstrahlung erfolgt mit großer Bandbreite und/oder in einer zeitlichen Abfolge.

[0013] Das Funksignal ist von allen in der Nähe befindlichen zugeordneten Hochfrequenzempfängern empfangbar und wird ausgewertet. Nach der Auswertung reagieren daran angeschlossene adressierbare Empfängersysteme und veranlassen wiederum eine Aktion, wie z. B. das Öffnen einer Bewässerungseinrichtung und/oder steuern eine optische oder akustische Meldeeinrichtung an und/oder speisen die Meßdaten in ein System zur weiteren Speicherung und/oder Verarbeitung der Meßdaten.

Ausführungsbeispiel

[0014] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

[0016] **Fig. 1** ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in einer schematischen Darstellung,

[0017] **Fig. 2** eine Ausgestaltung des Sensor **1** mit fotovoltischem Element **2**,

[0018] **Fig. 3** eine zusätzliche Ausgestaltung des in **Fig. 2** dargestellten Sensors mit einem Hochfrequenzsender **6**,

[0019] **Fig. 4** eine Empfangseinrichtung **8** in einer schematischen Darstellung,

[0020] **Fig. 5** ein Ausführungsbeispiel des Sensors **1** als Feuchtesensor.

[0021] **Fig. 1** zeigt einen Sensor **1** in einer schematischen Darstellung, wobei die Speicherung einer dem Sensor **1** zugeführten elektrischen Ladung in einem Speicherelement **3** erfolgt. Dieses ist vorzugsweise aus einem verlustarmen Kondensator hoher Kapazität gebildet. Vorteilhafterweise enthält das Speicherelement **3** eine Speicherschaltung **3.1**. Diese besteht in einem einfachen Fall zum Beispiel aus einer Halbleiterdiode oder einer Gleichrichterschaltung. In **Fig. 1** ist dies symbolisch durch das Symbol einer Diode dargestellt. Die Speicherschaltung **3.1** verhindert dabei ein Rückfließen von Ladungen aus dem Speicherelement **3** zurück zu einer angeschlossenen Energieversorgungseinrichtung, die in **Fig. 1** nicht dargestellt ist. Eine weitere optionale Funktion der Speicherschaltung **3.1** ist eine Anpassung der Impedanz zwischen einer Energieversorgungseinrichtung und dem Speicherelement **3**.

[0022] In einer in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform ist ein fotovoltisches Element **2** als Energieversorgungseinrichtung anschlossen. Das fotovoltische Element **2** ist vorzugsweise so klein gewählt, daß ein Höchstmaß an Flexibilität in Bezug auf die Wahl des Einsatzortes erreichbar ist. Damit ist ein direkter Betrieb des Sensors **1** mit dem fotovoltischem Element **2** unmöglich. Die durch das fotovoltische Element **2** gelieferte Energie wird zum Betrieb des Sensors **1** in einer Speichereinrichtung gesammelt. In dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel wird durch die Lichteinstrahlung auf das fotovoltische Element **2** ein Speicherelement **3** mit elektrischer Ladung versorgt und aufgefüllt.

[0023] Die Dimensionierung des verlustarmen Kondensators **3.2** der Speichereinrichtung **3** ist in Zusammenhang mit dem fotovoltischen Element oder einer anderen Energieversorgungseinrichtung so gewählt, daß auch extreme Dunkelphasen wie sie beispielsweise nachts, insbesondere während der Wintermonate auftreten können, sicher überbrückt werden können, d. h. daß das Speicherelement **3** über das photovoltische Element **2** soviel Energie geliefert bekommt und auch speichern kann, damit ein Timerbetrieb und ein in Zeitintervallen stattfindender Sensorbetrieb auch während der Dunkelphase erfolgen kann.

[0024] Die in **Fig. 1** dargestellte Timerschaltung **12** ist in ULP-Technik (ultra low Power technic) ausgeführt, so daß sie mit extrem geringen Energieaufwand funktionsfähig ist. Dazu ist die Timerschaltung **12** in Analog- oder Digitaltechnik ausgeführt. Die Timerschaltung **12** ist als einzige Komponente des Sensors **1** in ständigem Betrieb. Die Timerschaltung **12** aktiviert in regelmäßigen vorbestimmten Zeitabständen die Steuerschaltung **5** mit den angeschlossenen Sensorelementen **4**. Dabei ist die Zeitdauer einer Betriebsphase des Sensors **1** deutlich kleiner als

die Zeitdauer einer Betriebspause des Sensors **1**.

[0025] In einer in **Fig. 2** dargestellten vorteilhaften Ausführungsform, aktiviert die Timerschaltung **12** in Abhängigkeit vom Ladezustand des Speicherelementes **3** und wahlweise zusätzlich auch in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke am photovoltaischen Element **2** die Steuerschaltung **5** sowie das Sensorelement **4**. Als Sensorelement **4** zur Erfassung der physikalischen Größe eignet sich jedes Sensorelement, das eine physikalische Größe gewandelt in ein elektrisches Signal an die Steuerschaltung **5** weiterzugeben in der Lage ist.

[0026] In einer in **Fig. 5** dargestellten beispielhaften Ausführungsform ist zur Messung der Feuchte insbesondere zur Messung der Bodenfeuchte vorzugsweise eine Impedanzmessung des Bodens mit mehreren, zumindest aber zwei Elektroden vorgesehen.

[0027] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung einer vorteilhaften Ausführungsform zur funkgebundenen Übertragung des von dem Sensor **1** erfassten Informationen. Dabei aktiviert die Timerschaltung **12** in Abhängigkeit vom Ladezustand des Speicherelementes **3** und wahlweise zusätzlich auch in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke am photovoltaischen Element **2** die Steuerschaltung **5** sowie das Sensorelement **4** und einen Hochfrequenzsender **6**. Der Hochfrequenzsender **6** ist vorzugsweise mit einem Hochfrequenzoszillator **14**, der ein sehr schnelles Anschwingverhalten aufweist ausgestattet. Als frequenzbestimmendes Bauteil bietet sich hierbei ein Oberflächenwellenresonator an. Der Hochfrequenzsender moduliert die vom Sensor **1** erfassten Informationen einem hochfrequenten Signal auf.

[0028] Um den Energieverbrauch des Hochfrequenzsenders **6** gering zu halten ist dieser auf geringen Stromverbrauch ausgelegt und arbeitet mit einer hohen Bandbreite, um die Sendedauer klein zu halten. Dadurch ergibt sich auf Grund der hohen Bandbreite eine kurze Sendezeit und damit ein erweiterter geringer Energieverbrauch. Die Abstrahlung des Hochfrequenzsignals erfolgt über die am Hochfrequenzsender **6** angeschlossene Antenne **7**.

[0029] **Fig. 4** stellt eine Empfangseinrichtung **8** zum Empfang der vom Hochfrequenzsender abgestrahlten Informationen dar, wobei diese zum Empfang des Hochfrequenzsignals zumindest eine Antenne **9** aufweist und ein an diese Antenne **9** angeschlossenen Hochfrequenzempfänger **10**. Dieser empfängt die vom Sensor **1** ausgesendeten Signale, demoduliert sie und leitet diese an eine Auswerteeinrichtung **11** weiter. Die Auswerteeinrichtung **11** verfügt über Anschlüsse **15** an denen weitere Systeme oder Aktoren angeschlossen sind. Dies sind zum Beispiel Bewässerungssysteme, oder Meldesysteme oder andere Systeme.

[0030] Zur Datenübertragung finden vorzugsweise fehlertolerante Übertragungsverfahren wie Parity-Check, Forward-Error-Correction oder blockorientierte Redundanzverfahren Anwendung. Es bietet sich des weiteren die Möglichkeit, die übertragenen

Daten mit geeigneten elektronischen Schlüsseln zu verschlüsseln. Es erfolgt die Datenübertragung in einer sehr kurzen Zeit und in vorbestimmten Zeitabständen. Dabei ist die Sendezeit gegenüber der sendefreien Zeit deutlich geringer. Damit ist die Kollisionswahrscheinlichkeit von 2 gleichzeitig sendenden Sensoren **2** deutlich herabgesetzt.

[0031] Als Dateninhalte zur Übertragung bieten sich nicht nur der gemessene physikalische Parameter, sondern auch weitere am Sensor **1** anliegende Informationen dar, wie z. B. eine ID-Nummer des Sensors **1**. Die am Sensor **1** anliegende Temperatur, die Beleuchtungsstärke am Sensor **1** zum Zeitpunkt der Übertragung der am Sensor **1** anliegende Wasserstand und verschiedenes mehr.

[0032] **Fig. 5** zeigt in einer Ausführungsform einen stabförmigen Sensor **1** mit einem photovoltaischen Element **2**, einem Speicherelement **3**, einer Steuerschaltung **5** und einem Hochfrequenzsender **6**, der mit seinen Meßelektroden **13** zur Messung der Bodenfeuchte über eine Impedanzmessung in ein Boden bzw. Wasserreservoir eingebracht ist. Zur Impedanzmessung wird dazu vorzugsweise modulierter Gleichstrom oder Wechselstrom eingesetzt, wobei bei einer Verwendung von Wechselstrom mindestens eine, vorzugsweise jedoch mehrere Frequenzen zum Einsatz gelangen. Diese Art der Impedanzmessung gestattet eine Ermittlung der Bodenfeuchte mit deutlich verbesserter Unabhängigkeit von den Bodeneigenschaften als eine reine Gleichstrommessung.

Bezugszeichenliste

1	Sensor
2	photovoltaisches Element
3	Speicherelement
3.1	Gleichrichteelement
3.2	Speicherzelle
4	Sensorelement
5	Steuerschaltung
6	Hochfrequenzsender
7	Antenne
8	Empfangseinrichtung
9	Antenne
10	Hochfrequenzempfänger
11	Auswerteeinrichtung
12	Timerschaltung
1	Meßelektroden
14	Oberflächenwellenresonator
15	Anschluß

Patentansprüche

1. Sensor (**1**) zur Erfassung von physikalischen Umgebungsparametern, mit zumindest
 - einem Speicherelement (**3**) zur Speicherung von elektrischer Energie,
 - einem Sensorelement (**4**) zur Erfassung von physikalischen Umgebungsparametern,
 - einer Steuerschaltung (**5**) zur Codierung der erfaß-

ten physikalischen Umgebungsparameter, gekennzeichnet durch eine Timerschaltung (12), die mit dem Erreichen einer vorbestimmten elektrischen Spannung aktiviert wird und in vorbestimmten Zeitintervallen das Sensorelement (4) und die Steuerschaltung (5) aktiviert und nach einer vorbestimmten Betriebszeit deaktiviert, so daß eine Zeitdauer eines Sensorbetriebes und einer Sensorbetriebspause entsteht.

2. Sensor (1) nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer des Sensorbetriebes deutlich geringer ist als die Zeitdauer der Sensorbetriebspause.

3. Sensor (1) nach Patentanspruch 1–2, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Aktivierung der Steuerschaltung (5) das Zeitintervall zur Aktivierung der Steuerschaltung (5) in Abhängigkeit des Ladezustandes des Speicherelementes (3) neu bestimmt wird.

4. Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein photovoltaisches Element (2) zur Energieversorgung des Sensors (1) an das Speicherelement (3) angeschlossen ist.

5. Sensor (1) nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitintervalle auch in Abhängigkeit der zur Aktivierungszeit vorliegenden Beleuchtungsstärke am photovoltaischen Element (2) neu bestimmt werden.

6. Sensor (1) nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das photovoltaische Element (2) kleiner dimensioniert ist, als es ein direkter Betrieb des Sensors (4) mit Steuerschaltung (5) erfordert.

7. Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hochfrequenzsender (6) zur Erzeugung eines Hochfrequenzsignals bzw. Funktelegramms, integriert ist.

8. Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (3) ein Kondensator und/oder ein elektrochemischer Energiespeicher ist.

9. Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement als physikalischen Umgebungsparameter die Feuchte erfasst.

10. Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Feuchtemessung über eine Impedanzmessung mit zumindest 2 Elektroden (13) vorgenommen wird.

11. Sensor (1) nach einem der Patentansprüche 7–10, dadurch gekennzeichnet, daß der Hochfre-

quenzsender (6) eine sehr kurze Einschwingzeit aufweist.

12. Sensor (1) nach Patentanspruch 7–11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Oberflächenwellenresonator (14) das frequenzbestimmende Bauteil des Hochfrequenzsenders (6) ist.

13. Sensor (1) nach Patentanspruch 7–12, dadurch gekennzeichnet, daß der Hochfrequenzsender (6) mit einer hohen Bandbreite sendet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG 1

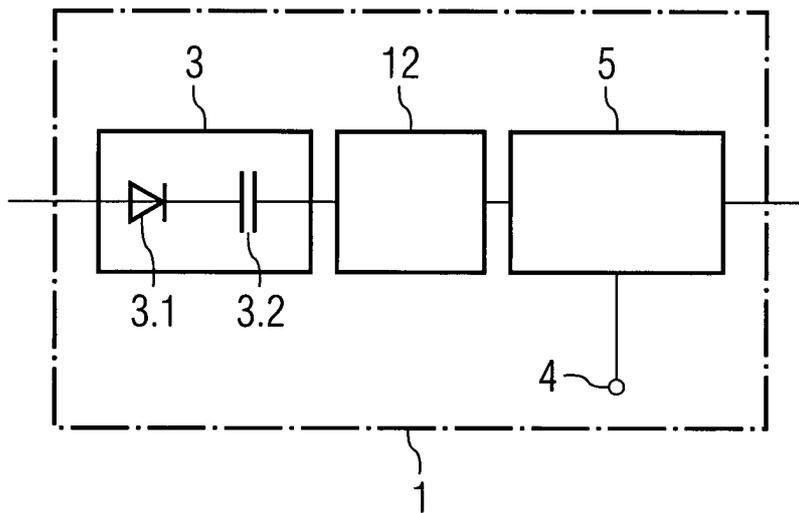


FIG 2

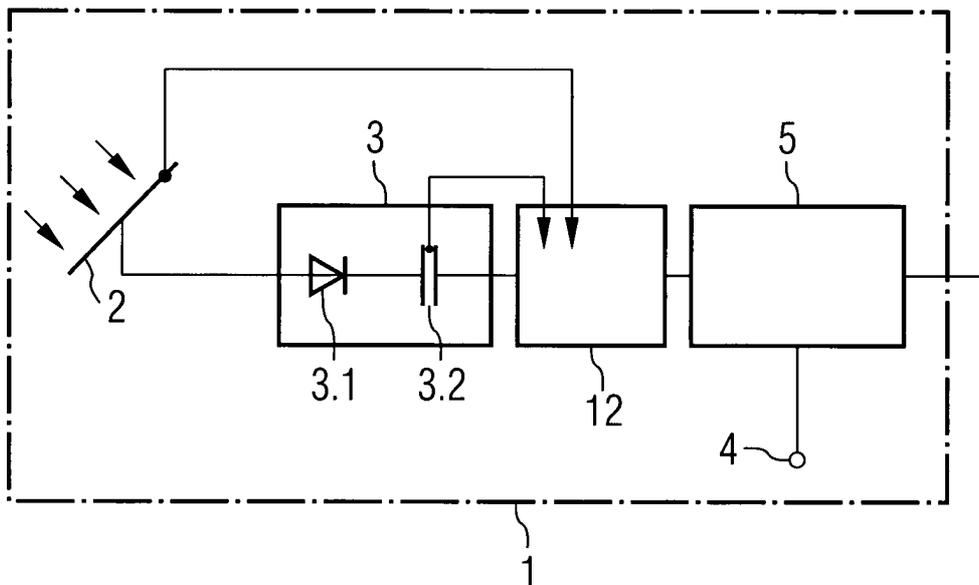


FIG 3

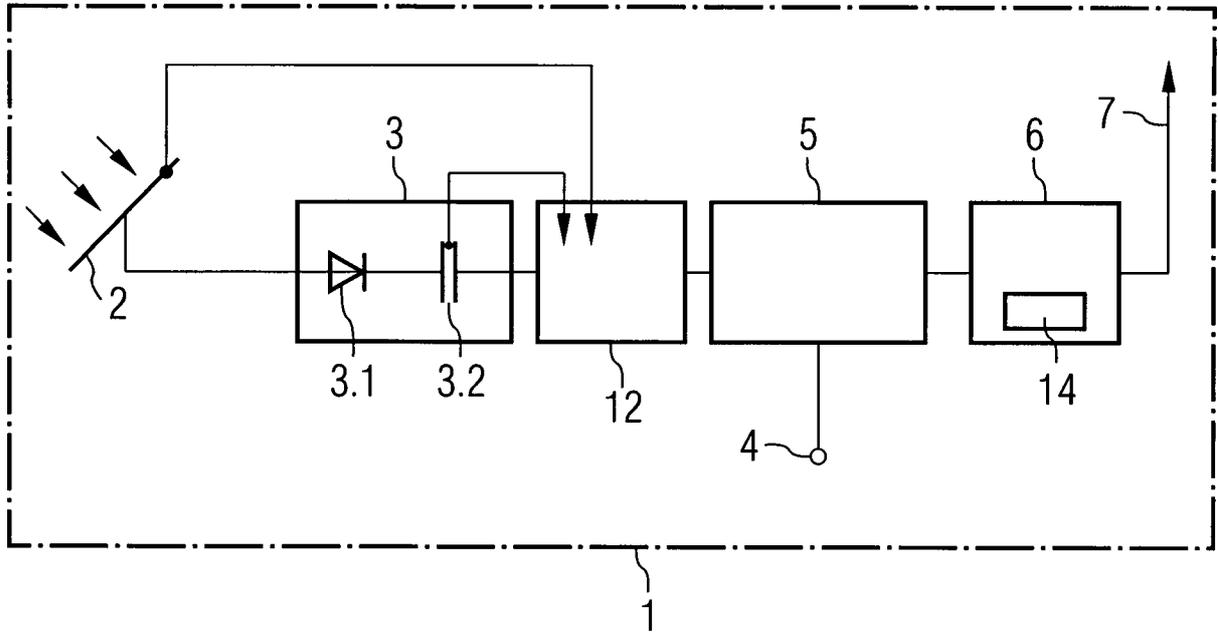


FIG 4

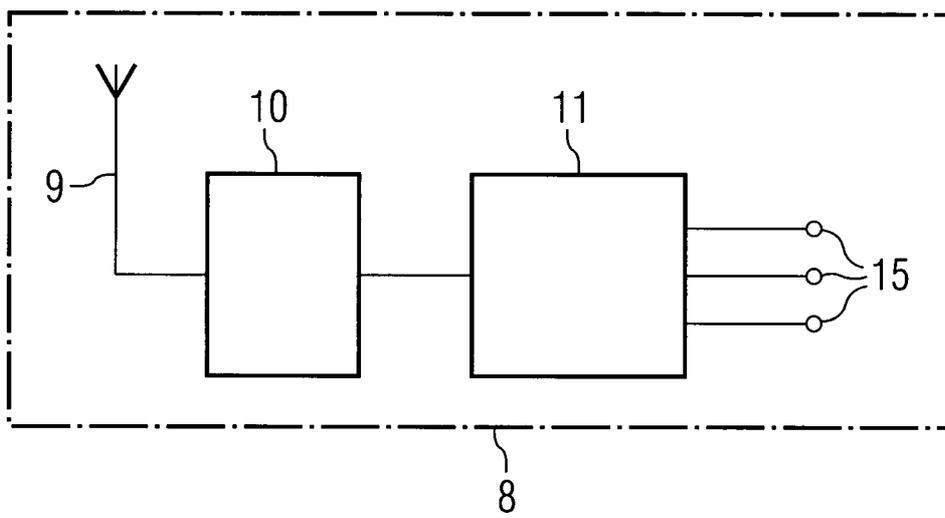


FIG 5

