



HTU21D Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

Feuchte ist eine Messgröße, die an Bedeutung gewinnt. Dies liegt an der fortschreitenden Automatisierung aller Lebensbereiche. Mit den miniaturisierten High-Tech-Sensoren, die kostengünstig in großen Mengen hergestellt werden, kann die Feuchte einfach gemessen werden. Solche miniaturisierten Feuchtesensoren werden am Beispiel der HTU21X-Serie beschrieben und typische Anwendungsbereiche aufgezeigt.



Abbildung 1: Feuchte- und Temperatursensor HTU21D

AMSYS [1] präsentiert als Neuheit im Bereich der Multifunktionsensoren die Serie der miniaturisierten Sensormodule HTU21X. Diese Doppel-Sensoren (MEMS) dienen zur Messung der relativen Luftfeuchte und der Temperatur.

Bei den HTU21X handelt es sich um OEM-Sensoren, die in reflow-fähigen QFN-Gehäusen angeboten werden (3,0x3,0x0,9 mm³).

Diese Multifunktionsensoren sind das Ergebnis aus der hohen Integrationsdichte moderner Halbleiterprozesse und perfekter Aufbau- und Verbindungstechnik.

Kapazitive Feuchte-/Temperatursensoren

Bei den OEM Sensoren der Reihe HTU21D und HTU21P [2] handelt es sich um die integrierte Kombination einer kapazitiven Feuchtigkeitsmesszelle und eines Temperatursensors.

Kapazitive Sensoren basieren prinzipiell darauf, dass zwei Elektroden (parallele Metallplatten) einen elektrischen Kondensator bilden, dessen Kapazität gemäß der nachfolgenden Gleichung gemessen werden kann (Abbildung 1). Für den Kondensator mit einem Isoliermaterial zwischen den Platten gilt:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r A/d$$

ϵ_0 = elektrische Feldkonstante

ϵ_r = relative Permittivität

A = Kondensatorfläche

d = Abstand der Platten

AMSYS GmbH & Co.KG
An der Fahrt 4
D-55124 Mainz

Tel.: +49 6131 469 875 0
Fax: +49 6131 469 875 66
Email: info@amsys.de
Internet: www.amsys.de
Stand: Mai 2010



HTU21D

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

Permittivität

Die Permittivität $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ gibt die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder an. Je höher die Permittivität ist, desto mehr Energie kann in dem elektrischen Feld zwischen den Platten des Kondensators gespeichert werden. Die relative Permittivität ϵ_r eines Stoffes, der sich zwischen den Kondensatorplatten befindet, sagt also aus, um wie vielfach sich die Kapazität eines Kondensators mit Isolator gegenüber einem Kondensator in Vakuum (bzw. Luft) erhöht.

Die Permittivität ist keine Konstante (früher fälschlicherweise Dielektrizitätskonstante genannt), sondern kann sowohl frequenz- wie auch feuchtigkeitsabhängig sein. Wenn man z.B. ein hygroskopisches, isolierendes Material (Polymer) zwischen die beiden Platten des Kondensators anbringt (*Abbildung 2*), ändert sich ϵ_r in Abhängigkeit von der absorbierten/ desorbierten Feuchtigkeit, was eine Kapazitätsänderung zur Folge hat, die gemessen werden kann.

Aufbau der Feuchtemesszelle

Zuzüglich zur kapazitiven Messzelle ist ein Messwertaufnehmer für die Temperatur vorhanden. Dieser ist in der Auswerteschaltung (ASIC) in Form einer integrierten Bandgap-Schaltung realisiert. Man benötigt die Temperaturinformation, um die elektronische Temperaturkompensation im Sensor vornehmen zu können und profitiert zusätzlich von einem unabhängigen Temperatursensor.

Die Messzellen wurden in Form einer Wheastonschen Brückenschaltung konfiguriert, dessen Ausgangssignal in einem nachfolgenden Instrumentenverstärker erfasst wird. Nach der A/D-Wandlung erfolgt die digitale Signalaufbereitung (*Abbildung 3*).

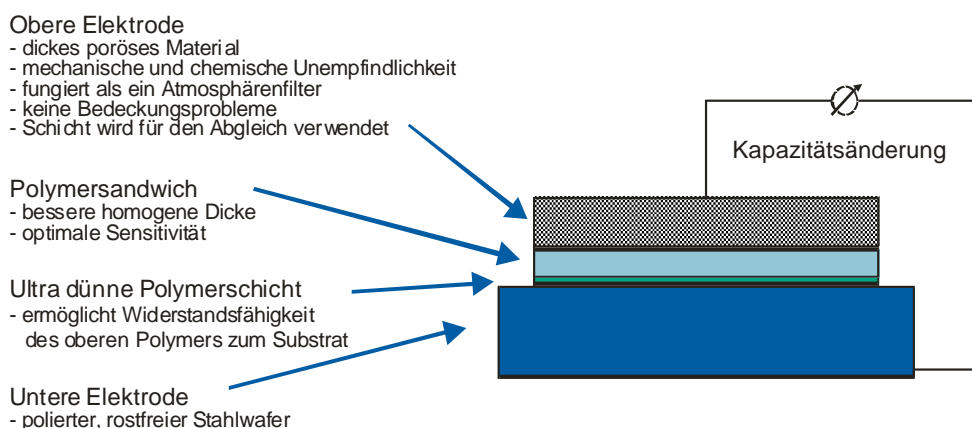


Abbildung 2: Aufbau einer kapazitiven Feuchtemesszelle



HTU21XD

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

Signalaufbereitung und Genauigkeit

Die Digitalisierung erfolgt bei den Sensoren der Reihe HTU21X in einem speziellen Delta-Sigma -ADC (CMOS-ASIC). Dabei können die Feuchtigkeits- und Temperaturwerte programmierbar in 8/12 bit oder 12/14 bit Daten-worte gewandelt werden. Diese stehen als unabhängige Ausgangssignale für die Übertragung mit dem I²C-Protokoll zur Verfügung. Durch einen externen Mikroprozessor kann der digitale Wert der Feuchtigkeit in den Wert der relativen Feuchtigkeit umgerechnet werden.

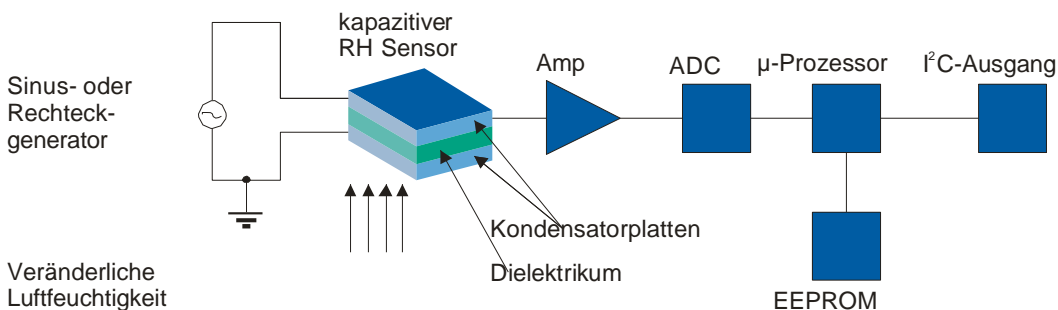


Abbildung 3: Blockschaltbild des Feuchtesensors HTU21X

Die Integration der Feuchtigkeitsmesszelle und des Temperatursensors auf demselben Silizium-Chip gewährleistet ein gutes Temperatur-Matching. Die langfristige, alterungs-bedingte Messdrift des HTU21X beträgt weniger als 0,5 % der relativen Luftfeuchte und nur 0.04 °C der Temperatur pro Jahr.

Die angegebene Genauigkeit berücksichtigt auch die Auswirkungen des Reflow-Lötens. Durch diese hohe Langzeitstabilität, einer geringen Hysterese von $\pm 1\%$ RH und einer nahezu linearen Kennlinie bietet der HTU21X hervorragende Eigenschaften für den Einsatz im industriellen und medizinischen Bereich.

Durch den integrierten Heater im HTU21D kann die Drift in Umgebungen mit relativ hoher Luftfeuchte reduziert und die wichtigen Sensorelemente vor Kondensation bewahrt werden.

Der Sensor besitzt einen breiten Versorgungsspannungsbereich von 1.5 - 3.6 Volt und einen geringen Stromverbrauch von typ. 450 μA , was insbesondere bei mobilen, batteriebetriebenen Geräten von Vorteil ist.

Jeder Sensor ist individuell kalibriert und kompensiert. Dadurch kann eine Genauigkeit von $\pm 3\%$ RH im Feuchte-Messbereich von 20-85 % RH erreicht werden. Für Messungen im erweiterten Bereich von 5 bis 90 % RH wird eine Genauigkeit von $\pm 5\%$ RH angegeben. Prinzipiell ist der Sensor aber im gesamten Bereich von 0 bis 100 % RH einsetzbar.

HTU21XD

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

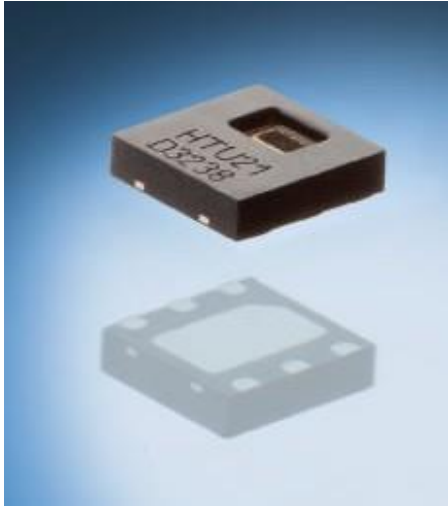


Abbildung 4: Ober- und Unterseite des HTU21D

Die Sensoren der HTU21X-Serie sind für den erweiterten Temperaturbereich konzipiert, der mittels des Temperatursensors mit einer Genauigkeit von $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ gemessen werden kann.

Bei dem HTU21D (*Abbildung 4*) werden die digitalisierten Werte für Feuchte und Temperatur unabhängig voneinander im I²C-Format ausgegeben.

Bei dem HTU21P (PWM-Ausgang) kann man mit einer geeigneten Beschaltung ein industrielles Analogsignal für die Feuchte erhalten.

Die Sensoren der HTU21X-Serie sind in einem (Reflow-)lötbare 3 x 3mm DFN- Chipgehäuse (Dual Flat No leads) mit 0,9 mm Höhe montiert und werden mit und ohne Filterabdeckung angeboten.

Feuchtigkeitsempfinden und Komfortzonen

Die Feuchtigkeit in hermetisch geschlossenen Hochhäusern und in gedämmten Wohn- und Arbeitsräumen (energieautarke Häuser) ist zu einem modernen Phänomen geworden, das Wohlfühlen, Arbeitseffizienz und Gesundheit erheblich beeinflusst. Zusammen mit der Raumtemperatur ergeben sich im RH/T- Diagramm (*Abbildung 5*) jahreszeitabhängige Zonen, die nach ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) als Komfort-Zonen bezeichnet werden und als optimale Umgebungsbedingungen anzusehen sind.

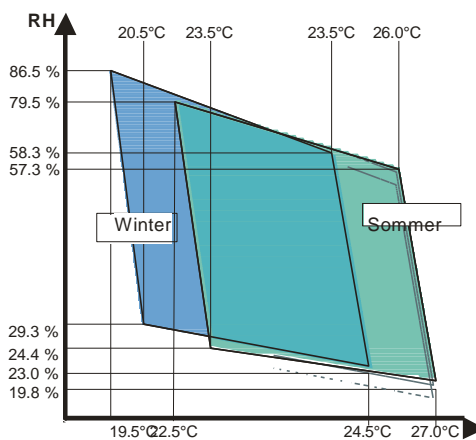


Abbildung 5: RH/T- Komfortzonen

Das individuelle Temperaturempfinden hängt nicht nur von der Umgebungstemperatur sondern auch von der Feuchtigkeit ab. Je höher die Feuchte, desto wärmer empfindet man die Umgebung. Physiologisch liegt das in der Tatsache begründet, dass der Körper weniger Wasser verdunsten (Schwitzen) kann und somit das menschliche Kühlsystem weniger effizient arbeitet.

Idealerweise müssten im menschlichen Aufenthaltsbereich sowohl Temperatur als auch Feuchte eingestellt und optimiert werden können. In den Planungen für die künftigen „smart homes“ ist dies bereits vorgesehen. Die Komfortzonen in künftigen Gebäuden werden sich über I-Pads oder Tablets individuell einstellen lassen.



HTU21XD

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

Weiterhin kann unter dem Aspekt der Energieeinsparung die Kenntnis der beiden Parameter von Nutzen sein. Wenn z.B. die Feuchtigkeit in einem Raum niedrig ist, ist für das Wohlempfinden eine höhere Temperatur wünschenswert. Man würde also die Heizung auf höhere Temperaturen regeln. Da in den trockenen Wohnräumen die Feuchtigkeit mit geringer Energie erhöht werden kann, könnte die Temperatur für das optimale Wohlempfinden beibehalten und eine positive Energiebilanz erzielt werden.

Um die Feuchte und Temperatur auf optimale Werte regeln zu können, sollten sie mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden können. Dazu wurde der digitale Doppel-funktionssensor HTU21X entwickelt, der neben der Feuchte auch die Temperatur bestimmen kann. Mit einem solchen Sensor hat man also die beiden Parameter zu Verfügung, die zur Regelung von Heizung/Kühlung und Befeuchter/Entfeuchter für die Komfortzone notwendig sind.

Mit beiden Messwerte lässt sich außerdem (mit einem angeschlossenen Prozessor) die Taupunkttemperatur $T_d = f(RH)$ errechnen, die für Maßnahmen gegen Kondenswasserbildung und damit gegen einen möglichen Schimmelbefall in den Wohn/Arbeitsräumen notwendig ist.

Anwendungen im KFZ-Bereich

In der Fahrzeugtechnik kann der HTU21X zur Überprüfung der Feuchte in elektronischen Anlagen als auch im Fahrzeuginneren zur Vermeidung von beschlagenen Scheiben eingesetzt werden. Für diese Anwendungen steht die Kfz-Version HTU21A zu Verfügung.

Wenn die Scheiben im Automobil beschlagen sind, ist es zu spät, um z.B. mit dem Gebläse die Sicht schnell wieder herzustellen. Es bleibt in den meisten Fällen nur das Wischen mit der Hand, was die Konzentration auf den Straßenverkehr nicht unerheblich einschränkt. Abhilfe kann in diesen Fällen eine Gebläseregelung schaffen, die auf der Berechnung der Taupunkttemperatur basiert und schon vor dem Beschlagen (*Abbildung 6*) reagiert.

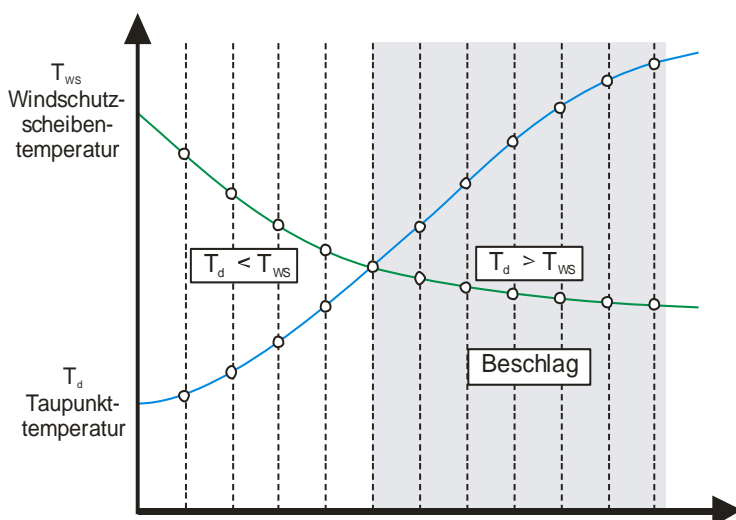


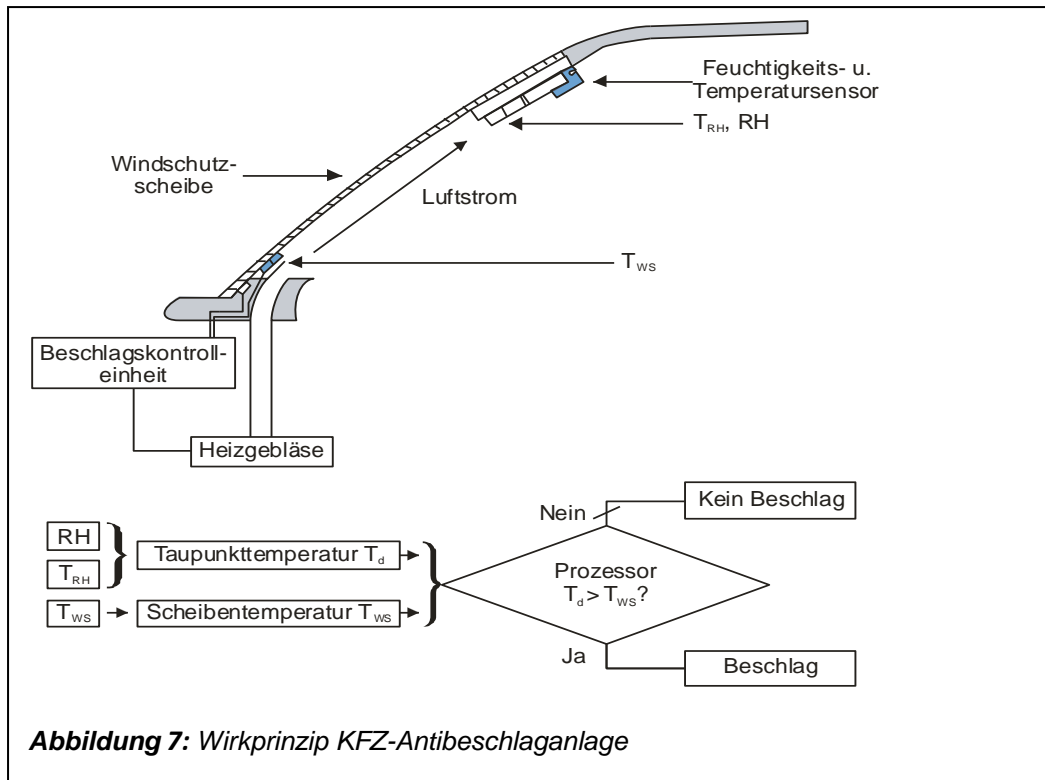
Abbildung 6: Beschlagbedingungen

Falls sich die Fenstertemperatur des Fahrzeugs T_{ws} unterhalb der Taupunkttemperatur T_d in Fensterumgebung befindet (*Abbildung 6*), setzt der Beschlag der Fenster ein. Je größer die Temperaturdifferenz, desto schneller das Beschlagen

Typisches Beispiel, das jeder Autofahrer kennt. Man fährt in der Übergangszeit in das aufgewärmte Parkhaus oder es steigt eine Person mit feuchten Kleidern zu. Sofort sind die Scheiben beschlagen. Wie eine Anti-beschlaganlage prinzipiell aufgebaut ist, wird in *Abbildung 7* dargestellt.

HTU21XD

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -



Anwendungen im Haushaltsbereich

Optimierte Wasch- und Spülvorgänge sind heute in den modernen Haushaltsgeräten eine Selbstverständlichkeit. Hier messen die Sensoren der Serie HTU21X die Feuchtigkeit der Wäsche und des Spülraums und bestimmen so den Grad der Trocknung, die heute auf das Wasch- und Spülgut abgestimmt wird um optimale Ergebnisse zu erzielen. Zusätzlich ist es möglich, den Taupunkt zu bestimmen, mit dessen Hilfe die Kondenswasserbildung in den Geräten vermieden werden kann.

In den neuen smartphones ermitteln die Feuchtigkeits-/Temperatursensoren die Luftfeuchtigkeit und die Umgebungstemperatur am aktuellen Standort des Benutzers. Über eine App wird dem Benutzer dann angezeigt, wie weit die aktuellen Werte von den empfohlenen gesundheitsrelevanten Empfehlungen abweichen.

Anwendungen im Medizinbereich

Ein wichtiger Einsatzbereich der Feuchte-/Temperatursensoren findet sich in der Medizintechnik. Hier sind z.B. Inkubatoren, Schlafapnoe-Geräte und Anästhesie-Vorrichtungen zu nennen. In all diesen Geräten sind Befeuchter (Humidifikation) vorhanden, die für optimale Atemverhältnisse sorgen. Das Anfeuchten und Temperieren von Inspirationsgasen (z.B. Nahkosegas) ist bei allen beatmeten Patienten notwendig, weil der Tubus und die Tracheal-



HTU21XD

Feuchtigkeits-/Temperatursensor - Aufbau und Anwendungen -

kanüle die Klimatisierungsfunktion der oberen Atemwege ausschalten. Um dies auszugleichen, werden in dem Luftstrom zum Patienten ständig die notwendigen Parameter gemessen. Dazu gehören bei den entsprechenden Anästhesie-Vorrichtungen insbesondere die Feuchtigkeit und die Temperatur.

Ausgewählte Eigenschaften des HTU21X

Der HTU21X kann in einem Temperaturbereich von -40 bis 125 °C und einem Feuchtigkeitsbereich von 0 bis 100 % RH eingesetzt werden. Er verfügt über eine digitale I²C-Schnittstelle (HTU21D) oder ein analoges Ausgangssignal (HTU21P), kurze Signalzeit und eine einstellbare Auflösung, bei einer Genauigkeit von ± 2 % RH. Diese Serie arbeitet bei einer Versorgungsspannung zwischen 1.5 bis 3.6 V und ist schnelle wieder betriebsbereit nach langer Betauung. Dieser Sensor ist sehr klein (3x3x0.9 mm³ DFN-Chipgehäuse (Dual Flat No Leads) und wird im Reflow-Verfahren angebracht.

Die HTU21X Serie ist auch mit einem PTFE-Filter zum Schutz gegen Staub, Flüssigkeitsbelag und Kontaminationen als Version HTU21P(F) erhältlich.

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem AMSYS in diesem Artikel den Aufbau und die Funktionsweise des Feuchtigkeits- und Temperatursensors HTU21X dargestellt hat wird klar erkennbar, dass der Einsatzbereich von Feuchte-/Temperatursensoren heute immer gefragter ist und nicht auf einzelne Branchen beschränkt ist. Die Sensoren können überall dort eingesetzt werden, wo man den Grad der Feuchte in Verbindung mit der Temperatur kennen und beeinflussen möchte.

Besonders interessant sind die kombinierten Feuchte-/Temperatursensoren der Serie HTU21X für die Überwachung empfindlicher elektronischer Geräte z.B. in Schaltschränken und in Rechneranlagen.

Weiterführende Informationen

[1] Homepage AMSYS: <http://www.amsys.de>

[2] Datenblatt und Übersicht HTU21D:

<http://www.amsys.de/produkte/feuchtigkeitssensoren/htu21d-digitaler-feuchte-und-temperatursensor/>

und HTU21P: <http://www.amsys.de/produkte/feuchtigkeitssensoren/htu21p-feuchte-temperatursensor-mit-analogem-ausgang/>

Kontakt

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 4
55124 Mainz
Deutschland

Telefon: +49 (0) 6131/469 875 0
Telefax: +49 (0) 6131/469 875 66
E-Mail: info@amsys.de
Internet: <http://www.amsys.de>