

Hygrostat-Modul

Das mit wenigen Bauteilen realisierte Hygrostat-Modul ermöglicht sowohl das Ausführen von luftfeuchte-abhängigen Schaltvorgängen als auch die Messung der Luftfeuchtigkeit. Die Schaltschwelle läßt sich im Bereich von 10 % bis 100 % rel. Luftfeuchte einstellen.

Allgemeines

Hygrostate dienen zur Regelung der Luftfeuchte in der Klimatechnik. Sollen bestimmte Luftfeuchte-Werte nicht über- oder unterschritten werden, sind entsprechende Geräte (Luftentfeuchter, Luftbefeuchter) anzusteuern. Wir stellen an dieser Stelle ein einfaches, aus wenigen Bauteilen bestehendes Hygrostat-Modul vor, das sich sowohl zur Steuerung von luftfeuchteabhängigen Schaltvorgängen als auch zur Messung der Luftfeuchte eignet. Doch im Vorfeld einige Vorbetrachtungen zum Thema Luftfeuchte:

Definition der Luftfeuchte

In der Feuchtetechnik unterscheidet man u. a. drei verschiedene Feuchtedefinitionen:

- absolute Feuchte
- Sättigungsfeuchte
- relative Feuchte

Diese Begriffe sind wie folgt definiert:

Die **absolute Feuchte** F_{abs} gibt die Wassermenge an, die in einem bestimmten Luftvolumen enthalten ist. Sie läßt sich nach folgender Formel bestimmen:

$$F_{abs} = \frac{\text{Masse des Wassers}}{\text{Luftvolumen}} \text{ in } \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Die **Sättigungsfeuchte** F_{sat} gibt die maximal mögliche Wassermenge an, die in

einem bestimmten Luftvolumen enthalten sein kann. Die Sättigungsfeuchte ist sehr von der Temperatur abhängig und steigt mit der Temperatur stark an.

$$F_{sat} = \frac{\text{max. Menge des Wassers}}{\text{Luftvolumen}} \text{ in } \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Die **relative Luftfeuchte** F_{rel} ergibt sich aus dem Verhältnis der absoluten Feuchte F_{abs} zur Sättigungsfeuchte F_{sat} und wird in Prozent angegeben.

$$F_{rel} = \frac{F_{abs}}{F_{sat}} \cdot 100 \%$$

In der Regel bezieht sich die Angabe der Luftfeuchte auf die relative Luftfeuchte, da diese für feuchteabhängige Vorgänge, (Rostbefall, Schimmelbildung, körperliches Wohlbefinden usw.) maßgebend ist.

Luftfeuchte messen und regeln - Warum?

Für das Wohlbefinden des Menschen sind die physikalischen Größen Temperatur und Luftfeuchte von großer Bedeutung. Temperaturen von 22° C bis 26° C und Luftfeuchtwerte zwischen 30 % und 65 % werden als angenehm empfunden. Entsprechende Empfehlungen für diese Werte befinden sich in den einschlägigen Normen, z. B. für Aufenthaltsräume.

Weiterhin ist die Luftfeuchte in vielen Bereichen der industriellen Fertigung von

qualitätsbestimmender Bedeutung. Dort, wo natürliche Werkstoffe, wie Holz, Papier, Baumwolle, Tabak usw. verarbeitet werden, ist es notwendig, die Luftfeuchte zu messen und in bestimmten Grenzen konstant zu halten.

In der Landwirtschaft, z. B. in Gärtnereien und in Gewächshäusern, sind ebenfalls bestimmte Feuchtwerte zwecks Ertragsoptimierung einzuhalten. Für die Lagerung von Kunstobjekten in Museen, Bibliotheken und Galerien muß die Luftfeuchte in engen Bereichen konstant gehalten werden. Weiterhin sind in Schwimmhallen geregelte Entfeuchtungsanlagen erforderlich, um Schäden an der Bausubstanz und an der Ausrüstung zu vermeiden. Vorher genannte Beispiele sind nur einige von vielen Anwendungsgebieten, in denen die Luftfeuchte zu messen oder zu regeln ist.

Verfahren zur Feuchtemessung

Je nach Genauigkeitsanforderung gibt es vielfältige Möglichkeiten der Feuchtemessung. Dabei werden physikalische oder chemische Effekte genutzt, wie u. a. die Längenänderung von hygroskopischen Fasern, der elektrische Widerstand von Salzen, die Kapazitätsänderung von Kondensatoren oder die Verdunstungskälte.

Die wohl simpelste Methode ist die mechanische Messung mit Hilfe eines Haarhygrometers. Als Feuchtesensor dienen entfettete menschliche Haare, die sich bei Feuchtigkeitsaufnahme ausdehnen und bei Austrocknung wieder zusammenziehen. Diese feuchteabhängige Längenänderung wird auf eine Zeigermechanik weitergeleitet. Bei entsprechender Kalibrierung des Zeigerweges entsteht so ein primitives, aber durchaus brauchbares Hygrometer. Heutzutage werden anstatt der Haare bestimmte, hygroskopisch behandelte Kunststofffasern eingesetzt. Einfache mechanische Hygrometer arbeiten noch heute nach diesem Prinzip.

Will man jedoch genauer messen oder feuchteabhängige Schaltvorgänge ausführen, dann sind elektronische Feuchtemesser gefragt. In diesem Bereich gibt es verschiedene Feuchtesensoren, die z. B. je nach Luftfeuchte ihre Kapazität oder den Widerstand ändern. Diese Änderungen werden durch geeignete Meßverstärker aufge-

Technische Daten:

Feuchtebereich: 10 % bis 100 %
rel. Luftfeuchte
Schaltausgang: Open-Kollektor,
30 V/ 300 mA
Spannungsversorgung: 5 V/3 mA
Abmaße Platine: 69 x 44 x 26 mm
Abmaße m. Gehäuse: 95 x 50 x 35 mm

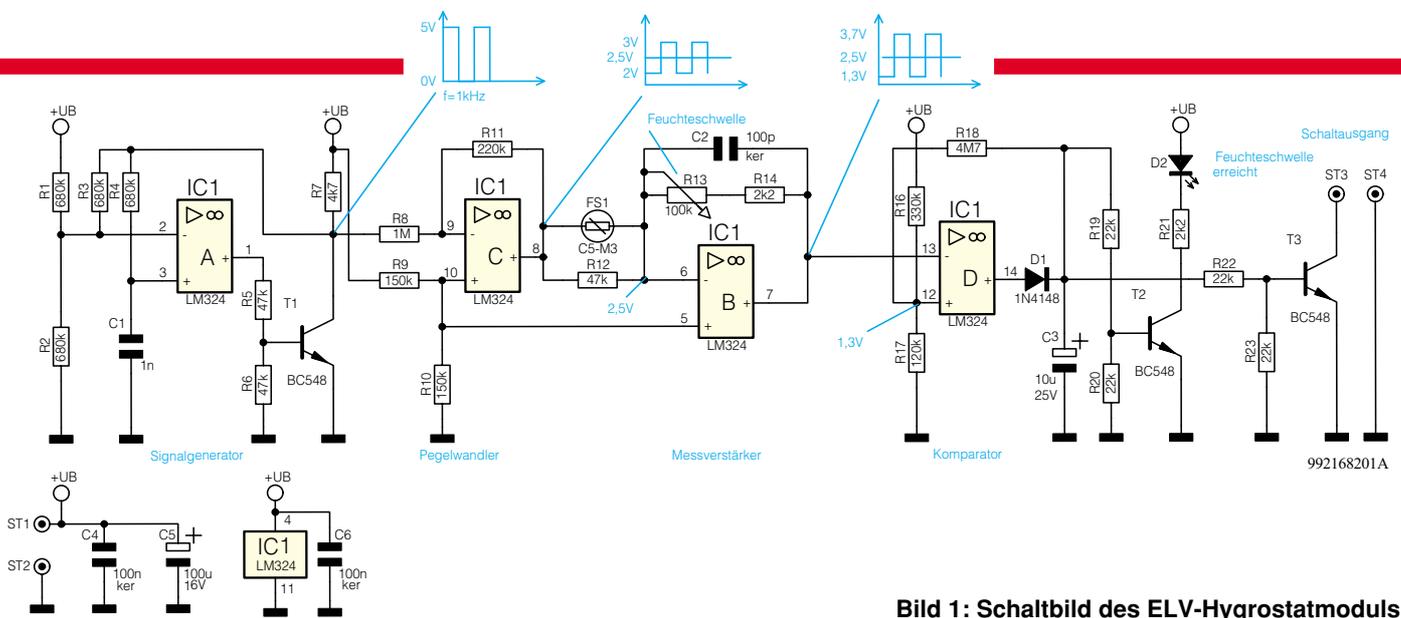


Bild 1: Schaltbild des ELV-Hygrostatmoduls

nommen und in Signale zur Steuerung von Anzeigen oder zum Auslösen von Schaltvorgängen umgewandelt.

Sensoren

Eine nahezu lineare Ausgangsspannung bei guter Genauigkeit bieten kapazitive Feuchtesensoren, z. B. von Valvo. In das perforierte Kunststoffgehäuse des Sensors ist eine beidseitig mit Gold bedampfte Spezialfolie gespannt. Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar, die Platten bestehen aus der Goldbedampfung. Abhängig von der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und somit die Kondensatorkapazität. Mit Hilfe einer relativ einfachen Schaltung läßt sich die Kapazitätsänderung in eine Gleichspannung umwandeln.

Besonders preisgünstig sind resistive Feuchtesensoren, die ihren Widerstand feuchteabhängig ändern. Ein feuchtesensitives Material befindet sich auf einem dünnen Keramikträger zwischen zwei kammartig ineinandergreifenden Elektroden. Der Zusammenhang zwischen Luftfeuchte und Widerstand ist jedoch nicht linear, sondern exponentiell und von der Temperatur abhängig. Aufgrund dessen sind diese Sensoren nur bedingt für analog arbeitende Meßgeräte mit direkter Anzeige der Luftfeuchte geeignet. In mikroprozessorgesteuerten Meßgeräten mit integrierter Temperaturkompensation und Kennlinienanpassung, wie z. B. Wetterstationen o. ä., leisten diese Sensoren jedoch gute Dienste.

Bedienung und Funktion

Das ELV-Hygrostatmodul kann, wie bereits erwähnt, sowohl zur Ausführung von Schaltvorgängen als auch zum Messen der Luftfeuchte dienen. Das Modul ist mit einem Potentiometer ausgestattet, mit dem sich auf der unterlegten Skala Werte im Bereich von 10 % bis 100 % relative Luftfeuchte einstellen lassen. Überschreitet die

vom Sensor ermittelte Luftfeuchte den eingestellten Wert, beginnt die LED zu leuchten, und der Open-Kollektor-Schaltausgang steuert nach Masse durch. Dort ist dann z. B. ein Relais anschließbar, das einen Luftentfeuchter einschaltet. Bei solchen Schaltvorgängen ist selbstverständlich immer eine Hysterese erforderlich, die bei ca. 6 % liegt.

Soll das Modul lediglich zum Messen der Luftfeuchte dienen, so ist durch Herausnehmen eines Widerstandes die Hysterese zu entfernen. Man dreht das Potentiometer langsam vom Rechtsanschlag gegen den Uhrzeigersinn und stoppt, sobald die LED aufleuchtet. Auf der Skala ist jetzt die aktuelle Luftfeuchte ablesbar.

Das Modul ist mit einer auf 5 V stabilisierten Spannung zu versorgen. Weiterhin kann der Einbau in ein Installationsgehäuse erfolgen, das wie unter Nachbau beschrieben, zu bearbeiten ist.

Schaltung

In Abbildung 1 ist das Schaltbild des ELV-Hygrostatmoduls dargestellt, das zur Meßwertaufnahme einen resistiven Feuchtesensor nutzt. Wichtig beim Einsatz dieser Sensoren ist, daß der Sensor mit einer Wechselspannung ohne DC-Anteil betrieben wird. Wird der Sensor mit einer DC-Spannung versorgt, erfolgt eine Polarisierung, die zur Zerstörung führt. Weiterhin ist es notwendig, die Spannung über dem Sensor konstant zu halten. Die vom Hersteller angegebene Kennlinie bezieht sich auf eine Wechselspannung von 1 V_{ss} mit einer Frequenz von 1 kHz.

Damit diese Bedingung eingehalten wird, ist zunächst mit IC 1 A und Peripherie ein Signalgenerator aufgebaut, der eine rechteckförmige Wechselspannung von 4,9 V_{ss} mit einem Tastverhältnis von 50 % und einer Frequenz von ca. 1 kHz erzeugt. Diese steht am Kollektor von T 1 zur Verfügung, siehe dazu das Diagramm im Schaltbild.

Zur Pegelwandlerung ist der nachgeschaltete Operationsverstärker IC 1 C mit R 8 und R 11 als invertierender Verstärker beschaltet. Aufgrund der Dimensionierung erfolgt jedoch keine Verstärkung, sondern eine Abschwächung des Signals. Der Verstärkungsfaktor beträgt

$$V = - \frac{R_{11}}{R_8} = -0,22$$

Am Ausgang, Pin 8, steht eine Wechselspannung mit ca. 1,1 V_{ss} zur Verfügung, die sich um einen Gleichspannungswert von 2,5V bewegt, siehe Schaltbild.

Der nachgeschaltete Operationsverstärker IC 1 B dient als Meßverstärker. Er ist sowohl mit dem Feuchtesensor FS 1 als auch mit dem Potentiometer zur Einstellung der Feuchteschwelle R 13 beschaltet und arbeitet als invertierender Verstärker. Um die Kennlinie des Feuchtesensors, dessen Widerstand sich im Bereich von 1 kΩ bis 20 MΩ bewegt, einzuengen, ist der Widerstand R 12 parallel zum Sensor geschaltet. So bewegt sich der Widerstand der Parallelschaltung aus FS 1 und R 12 im Bereich von ca. 1 kΩ bis ca. 47 kΩ.

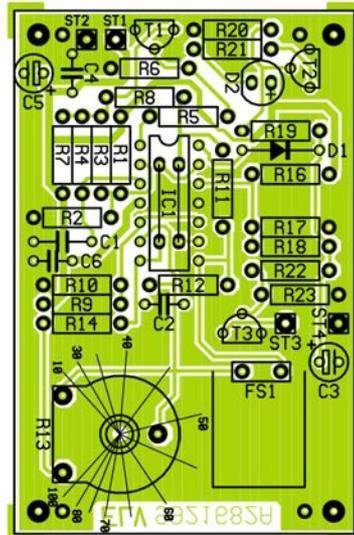
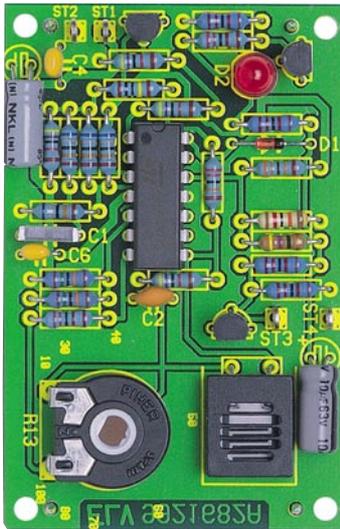
Aufgrund der an Pin 5 anliegenden Gleichspannung von 2,5 V liegt auch an Pin 6 eine Gleichspannung von 2,5 V. Somit steht über dem Feuchtesensor FS 1, unabhängig von dessen Widerstandswert, eine gleichspannungsfreie Wechselspannung mit 1,1 V_{ss} an.

Der Verstärkungsfaktor des Verstärkers ergibt sich zu

$$V = - \frac{R_{13} + R_{14}}{R_{11} \parallel R_{12}}$$

Die Verstärkung V des Verstärkers ist also u. a. vom Widerstandswert des Feuchtesensors FS 1 und der Potentiometerstellung von R 13 abhängig.

Die Schaltschwelle des nachgeschalteten Komparators liegt bei 1,3 V. Wird die Wechselspannung am Ausgang von Pin 7 größer als 2,4 V_{ss} bezogen auf eine Gleichspannung von 2,5 V, schaltet der Kompa-



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan

rator. Dies ist ab einer Gesamtverstärkung von $V=2,4 V_{ss}/1,1 V_{ss} = 2,18$ der Fall. Auf der Skala lassen sich die verschiedenen Feuchtwerte einstellen. Erreicht die Luftfeuchte den eingestellten Wert, wird aufgrund dessen die Verstärkung $V=2,18$ überschritten und der Komparator schaltet.

Mit IC 1 D ist der bereits erwähnte Komparator realisiert, dessen Schaltschwelle bei 1,3 V liegt. Wird die Eingangsspannung an Pin 12 kleiner als 1,3 V, nimmt der Ausgang Pin 14 High-Pegel an. Über D 1 erfolgt eine Gleichrichtung der Ausgangsspannung, C 3 dient zur Siebung. Die hier anstehende Gleichspannung bewegt sich im Bereich von 0 V bis 3 V. Über den Widerstand R 18 erfolgt eine Mitkopplung auf den Spannungsteiler R 16/R 17, so daß die Schalthysterese entsteht. Durch die Gleichspannung an C 3 werden die beiden Transistoren T 2 und T 3 durchgesteuert, die LED leuchtet und der Schaltausgang ist aktiv. An den Schaltausgang ist direkt ein Relais anschließbar. Die Belastbarkeit des Schaltausgangs liegt bei 30 V/300 mA, beim Anschluß eines Relais muß unbedingt eine Freilaufdiode über das Relais geschaltet werden.

Stückliste: Hygrostat-Modul

Widerstände:

- 2,2kΩ R14, R21
- 4,7kΩ R7
- 22kΩ R19, R20, R22, R23
- 47kΩ R5, R6, R12
- 120kΩ R17
- 150kΩ R9, R10
- 220kΩ R11
- 330kΩ R16
- 680kΩ R1-R4
- 1MΩ R8
- 4,7MΩ R18
- PT15, liegend, 100kΩ R13

Kondensatoren:

- 100pF/ker C2
- 1nF C1
- 100nF/ker C4, C6
- 10µF/25V C3
- 100µF/16V C5

Halbleiter:

- LM324 IC1
- BC548 T1-T3
- 1N4148 D1
- LED, 5mm, rot D2

Sonstiges:

- Feuchtesensor, C5-M3 FS1
- Lötstifte mit Lötöse ST1-ST4
- 4 Lötstifte, 1mm
- 1 Kunststoff-Steckachse, 4 ø x 27 mm
- 1 Kunststoff-Drehknopf, 12 mm, für 4mm-Achse
- 1 Gewindestift, M3 x 4mm, mit Spitze
- 10cm Silberdraht

Nachbau

Die gesamte Schaltungstechnik des Hygrostat-Moduls ist auf einer 69 x 44 mm messenden, einseitigen Leiterplatte untergebracht. Die Bestückung beginnt anhand der Stückliste, des Bestückungsplanes sowie des Platinfotos zunächst mit der Montage von Brücken, Widerständen, Kondensatoren und dem Poti R 13.

Hinweis: Soll das Modul lediglich zum Messen der Luftfeuchte verwendet werden, ist der Widerstand R 18 nicht zu bestücken. Somit weist das Schaltverhalten keine Hysterese auf.

Nach dem Einsetzen der Bauteile sind die Anschlußdrähte auf der Lötseite leicht auseinanderzubiegen, damit kein Herausrutschen des Bauteils mehr möglich ist. Anschließend erfolgt das Verlöten und das Kürzen der Anschlußbeinchen, ohne die Lötstellen dabei zu beschädigen. Die Anschlußbeine des Feuchtesensors FS 1 sind vor dem Einbau vorsichtig um 90° nach

hinten abzuwinkeln. Bei der Montage der Elkos und der Dioden ist auf die richtige Polung zu achten. Weiterhin sind die Elkos liegend zu montieren. Jetzt können die Transistoren eingesetzt und verlötet werden, wobei darauf zu achten ist, daß der Abstand von der Platinenoberfläche zum Transistorgehäuse nicht größer als 1,5 mm ist. Die LED ist im Abstand von 2,5 mm zur Platinenoberfläche zu verlöten. Beim Bestücken des ICs ist zu beachten, daß die Positionen der Markierungen am Bauteil und im Bestückungsdruck übereinstimmen. An dieser Stelle ist eine sorgfältige Prüfung der Platine im Hinblick auf Bestückungsfehler und Lötzinnbrücken durchzuführen. Damit ist die Platine fertiggestellt. Ist kein Gehäuseeinbau vorgesehen, wird die Potiachse eingesteckt und auf eine überstehende Länge von 9 mm gekürzt. Der Drehknopf ist so zu montieren, daß der Bereich des Drehwinkels die Skala abdeckt.

Soll das Modul in ein Installationsgehäuse eingebaut werden, sind die vier Lötstifte mit der Spitze voran von der Lötseite her in die entsprechenden 1mm-Bohrungen zu schieben und zu verlöten. Das in Abbildung 2 dargestellte Frontplattendesign ist vorsichtig auszuschneiden und mittig auf den Gehäusedeckel zu kleben. Für die LED, die Potiachse und die Sensorbelüftung wird je ein 5mm-Loch gebohrt. Nach Einsetzen der Potiachse ist diese auf eine aus dem Gehäuse herausragende Länge von 9 mm zu kürzen. Der Drehknopf ist so zu montieren, daß der Bereich des Drehwinkels die Skala abdeckt.

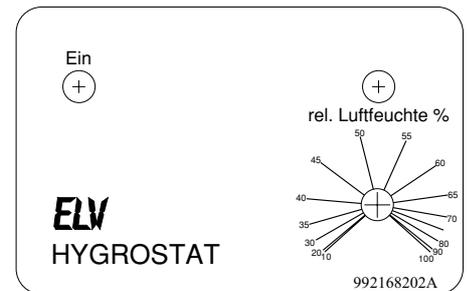


Bild 2: Frontplattendesign des Hygrostatmoduls

Nach Anschluß der 5V-Betriebsspannung an ST 1 und ST 2 kann eine Funktionsprüfung erfolgen: Man dreht das Potentiometer an den Rechtsanschlag, die LED ist dunkel. Vom Rechtsanschlag ist das Poti gegen den Uhrzeigersinn zu drehen. Beim Erreichen der Luftfeuchte leuchtet die LED auf. Anschließend wird eine höhere Schaltschwelle eingestellt, so daß die LED verlöscht. Durch vorsichtiges Hauchen auf den Sensor simuliert man eine höhere Luftfeuchte, die LED beginnt zu leuchten. Damit ist das Modul betriebsbereit und kann diverse Schaltaufgaben verrichten.

