

Radar-Bewegungsmelder RBM 100

Der im 24-GHz-Mikrowellenbereich nach dem Dopplerprinzip arbeitende Radar-Bewegungsmelder dient zur Detektion bewegter Objekte, unabhängig von deren Temperatur. Im Gegensatz zu IR-Bewegungsmeldern kann eine unsichtbare Montage (z. B. hinter Abdeckplatten) erfolgen, da Radarsensoren Materie durchstrahlen.

Allgemeines

Zur Erfassung von bewegten Objekten ist die Radartechnik hervorragend geeignet, hatte bisher aber immer den Ruf, gut, aber teuer zu sein. Durch den Einsatz von neuen Radarsensoren, wie in der hier vorliegenden Schaltung, sind mittlerweile auch kostengünstige Lösungen möglich.

Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Infrarot-Bewegungsmeldern ist zur Erfassung kein Temperaturunterschied zur Umgebung erforderlich, so dass nahezu beliebige bewegte Objekte erkennbar sind. Neben Menschen und Tieren reagieren Radarsensoren auch auf sich bewegende Fahrzeuge und Maschinenteile, aber auch auf unerwünschte Dopplersignale, hervorgerufen durch sich bewegende Bäume und Sträucher im Wind. Daher ist im Außenbereich eine sorgfältige Positionierung vorzunehmen.

Im Innenbereich sollten Radar-Bewegungsmelder nicht in unmittelbarer Nähe von Leuchtstofflampen montiert werden, da

dann nicht die volle Empfindlichkeit genutzt werden kann. Das Wort Radar kommt von **R**adio **D**etection and **R**anging und bedeutet die Ortung und Zielerfassung durch elektromagnetische Wellen. Die Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen im Mikrowellenbereich ist natürlich an enge gesetzliche Vorschriften gebunden. Sowohl die abgestrahlte Frequenz als auch die Sendeleistung sind genau einzuhalten und werden in Deutschland z. B. durch die Bundesnetzagentur überwacht. Die hier vorgestellte Schaltung arbeitet mit einem K-Band-Transceiver im 24-GHz-Bereich. Im Gegen-

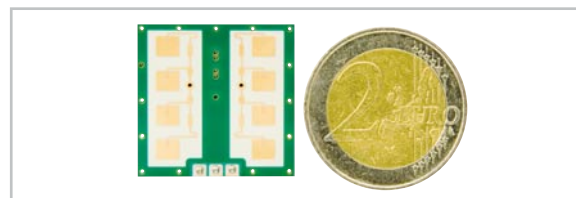


Bild 1: Der Radarsensor von InnoSent im Größenvergleich

satz zu anderen Sensoren, die im ebenfalls freigegebenen 9-GHz-Bereich arbeiten, sind deutlich geringere Abmessungen des Sensors realisierbar.

Bei der abgestrahlten Sendeleistung kommt es auf die Spitzenleistung EIRP (equivalent isotropic radiated power) an. Im 24-GHz-Bereich sind maximal +20 dBm, entsprechend 100 mW, erlaubt. Bei getasteten Sensoren wird immer auf die Spitzenleistung zurückgerechnet. Das von uns eingesetzte, zugelassene Radar-Modul liefert eine Spitzenleistung von 16 dBm (EIRP) und erfüllt natürlich alle gesetzlichen Vorschriften.

Das Empfangsverhalten von Radarsensoren unterscheidet sich deutlich von Bewegungssensoren auf Infrarotbasis. Während Infrarotsensoren relativ unempfindlich auf Bewegungen in radialer Richtung reagieren, haben Radarsensoren hier die höchste Empfindlichkeit. Bei orthogonalen bzw. tangentialen Bewegungen zum Sensor ist es umgekehrt. In Kombination ergänzen sich daher beide Techniken optimal.

Unsichtbare Sensoren sind allerdings nur mit der Radartechnik möglich, da Infrarotsensoren die Wärmestrahlung des zu erfassenden Objekts detektieren müssen. Infrarotsensoren können keine Objekte erfassen, deren Temperatur sich nicht hinreichend von der Umgebungstemperatur unterscheidet, und schnelle Temperaturwechsel führen zu Fehlauflösungen.

Da Mikrowellen Materie durchstrahlen, können Radarsensoren unsichtbar hinter nahezu allen nicht metallischen Materialien „versteckt“ werden. In Verbindung mit Alarmanlagen ermöglicht das den absolut sabotagesicheren Einbau. Kunststoffe und trockenes Holz oder Keramik werden sehr gut durchstrahlt. Tabelle 1 zeigt an einigen Beispielen, welche Materialien durchstrahlt werden und welche nicht.

Sehr gut eignen sich Abdeckungen und Gehäuse aus Kunststoffen (ABS, PVC, Acrylglas etc.), die aber nicht in direktem Kontakt mit den Antennenstrukturen stehen dürfen. Ein Luftzwischenraum von 6 mm zwischen den Antennenstrukturen und der Abdeckung sollte immer vorhanden sein. Lackbeschichtungen oder Verschmutzungen können je nach Material eine deutliche Dämpfung hervorrufen.

Der von uns eingesetzte Radarsensor von InnoSent verfügt über getrennte Sende- und Empfangsantennen, wodurch die höchste Empfindlichkeit und eine verbesserte Mischerisolation erreicht wird. Planare Anordnungen der Antennenstrukturen ermöglichen besonders flache Module. Die einzelnen Strahler sind rechteckförmig ausgebildet und werden als Patches bezeichnet.

Abbildung 1 zeigt den von uns eingesetzten InnoSent-Sensor im Größenvergleich zu einem 2-€-Stück. Aufgrund der Patch-Antennen betragen die Abmessungen nur 25 x 25 x 6,6 mm. Es handelt sich dabei um einen Mono-Transceiver, mit dem ausschließlich Bewegungen detektiert werden können. Ruhende Objekte oder die Bewegungsrichtung sind mit diesem Sensor nicht erkennbar.

Der Empfangswinkel des Sensors ist horizontal mit 80° und vertikal mit 32° angegeben.

Die komplette Elektronik des Radar-Bewegungsmelders RBM 100 ist in einem spritzwassergeschützten Gehäuse (IP 65) untergebracht. Je nach Anwendung kann der Sensor in drei verschiedenen Positionen eingebaut werden, so dass die Erfassungsrichtung entweder zum Gehäusedeckel,

Technische Daten: Radar-Bewegungsmelder

Sendefrequenz:	24,125 GHz
Sendeleistung (EIRP):	16 dBm
Sensor-Erfassung:	horizontal 80°, vertikal 32°
Erfassungsdistanz:	8–10 m
Erfassungsrichtung:	durch Gehäuseboden, durch Gehäusedeckel oder seitlich
Schaltausgang:	1 x um, 230 V, 16 A
Ansprechempfindlichkeit:	einstellbar
Einschaltdauer:	einstellbar von 5 Sek. bis 3 Min.
Anzeigen:	LED für die Einschaltdauer (optional, nach außen führbar)
Versorgungsspannung:	230 V, 50 Hz
Gehäuse-Schutzart:	IP 65
Gehäuseabmessungen:	150 x 90 x 55 mm

zum Gehäuseboden oder zur Gehäuseseite hin ausgerichtet ist. Zur weiteren Anpassung an die Umgebungsbedingungen kann die Ansprech-Empfindlichkeit mit Hilfe eines internen Trimmers in einem weiten Bereich angepasst werden.

Sobald Bewegungen im Erfassungsbereich registriert werden, schaltet ein 16-A-Leistungsrelais für die einstellbare Zeit zwischen 5 Sek. und 3 Min. Das Relais kann wahlweise als Öffner oder Schließer genutzt werden, wobei zum Anschluss der zu schaltenden Komponenten eine dreipolige Schraubklemme zur Verfügung steht.

Je nach Stellung einer internen Codierbrücke ist die Schaltung retriggerbar, d. h. nach Verlassen des Erfassungsbereichs bleibt das Relais noch für eine eingestellte Zeit angezogen oder die Zeit läuft unabhängig von der Aufenthaltsdauer mit dem ersten Betreten des Erfassungsbereichs ab (nicht retriggerbar).

Über wasserdichte Verschraubungen (M 16) werden die Netzzuleitung und die Anschlüsse der zu schaltenden

Tabelle 1: Mikrowellen-Durchstrahlung von Materie

Schaumstoff:	hervorragende Durchstrahlung, keine messbare Dämpfung
Kunststoffe:	sehr gute Durchstrahlung, Dämpfung 0,5–3 dB, je nach Dicke und Abstand
Trockenes Holz:	gute Durchstrahlung
Nasses Holz:	Dämpfung bis zu 10 dB
Trockene Kleidung:	gute Durchstrahlung, kaum Dämpfung
Nasse Kleidung:	Dämpfung bis zu 20 dB
Regen:	Dämpfung bis 6 dB
Eis:	Dämpfung ca. 10 dB
Lebewesen (Menschen, Tiere):	keine Durchstrahlung, Beugung, Absorption und Reflexion
Metall:	keine Durchstrahlung, volle Reflexion
Wasser:	keine Durchstrahlung, volle Absorption

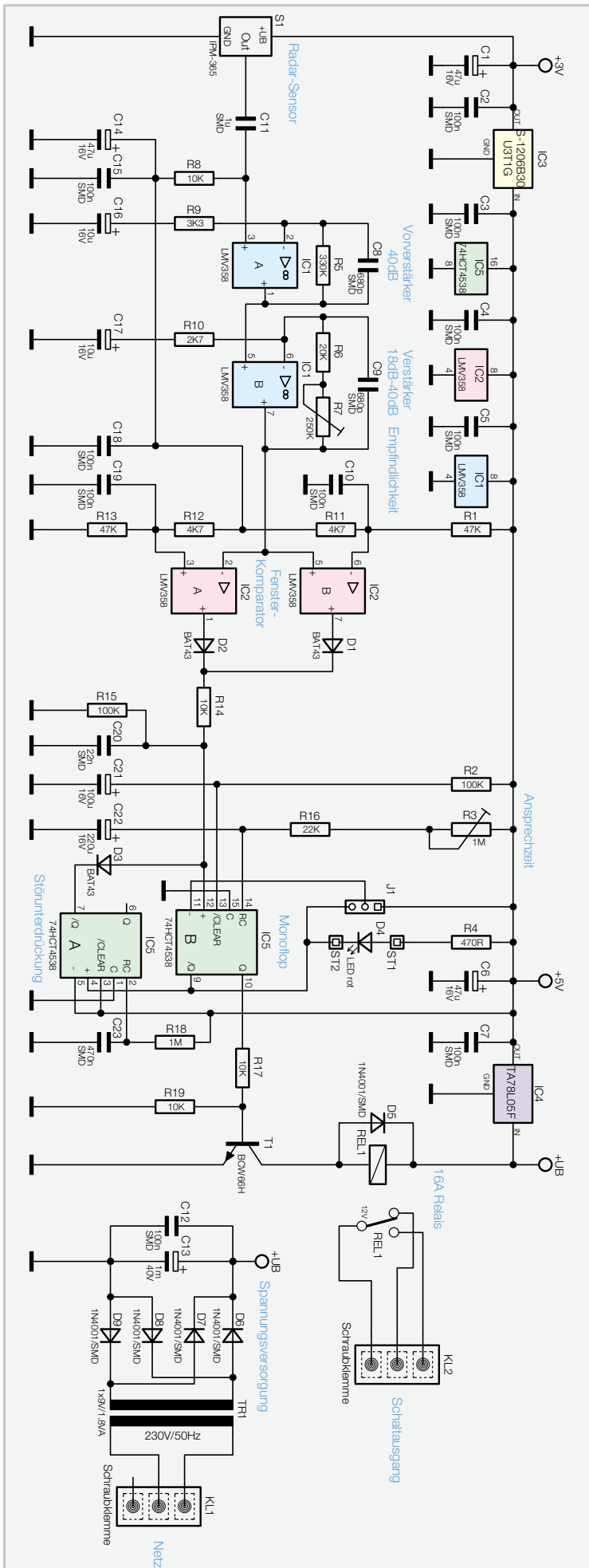


Bild 2: Schaltung des RBM 100

Komponenten in das Gehäuse geführt.

Eine Leuchtdiode, die das Ansprechen des Bewegungsmelders anzeigt, kann bei Bedarf nach außen geführt werden (unbedingt VDE- und Sicherheitsvorschriften beachten!).

Schaltung

Das Schaltbild des Radar-Bewegungsmelders RBM 100 ist in Abbildung 2 dargestellt.

Der eigentliche Radarsensor IPM-365 (links im Schaltbild) besitzt nur 3 Anschlüsse, bestehend aus Schaltungsmasse, Versorgungsspannung und dem Doppler-Signalausgang. Für den Sensor stellt der Spannungsregler IC 3 eine stabilisierte Betriebsspannung von 3 V zur Verfügung. C 1 am Ausgang des Spannungsreglers verhindert Schwingneigungen, und der Kondensator C 2 dient zur Störunterdrückung.

Da das Mischer-Ausgangssignal des Sensors in der Größenordnung von nur 100 μV liegt, ist eine Nachverstärkung von ca. 70 bis 80 dB erforderlich, um in verarbeitbare Amplitudenbereiche zu kommen. Diese Aufgabe übernehmen die beiden mit IC 1 realisierten Verstärkerstufen.

Das Dopplersignal wird über C 11 gleichspannungsmäßig entkoppelt dem nicht invertierenden Eingang der ersten mit IC 1 A aufgebauten Stufe zugeführt. Über R 8 liegt der Arbeitspunkt des Verstärkers auf halber Betriebsspannung, wobei C 14, C 15 Wechsellspannungsanteile unterdrücken. Das Verhältnis der Widerstände R 5 im Rückkopplungsweig und R 9 bestimmt die Wechsellspannungsverstärkung dieser Stufe. Während die Wechsellspannung um den Faktor 101 (ca. 40 dB) verstärkt wird, erfolgt aufgrund des Kondensators C 16 keine Gleichspannungsverstärkung. Die untere Grenzfrequenz wird somit durch den Kondensator C 16 festgelegt. C 8 begrenzt die obere Grenzfrequenz und dient gleichzeitig zur Schwingneigungsunterdrückung.

Das Ausgangssignal von IC 1 A wird direkt auf den nicht invertierenden Eingang eines weiteren mit IC 1 B aufgebauten Verstärkers gekoppelt. Die Verstärkung dieser Stufe ist mit Hilfe des Trimmers R 7 im Bereich von ca. 18 dB bis ca. 40 dB einstellbar. Hier bewirkt C 17 eine gleichspannungsmäßige Entkopplung des Rückkopplungsziugs und C 9 dient zur Begrenzung der oberen Grenzfrequenz.

Das Ausgangssignal der zweiten Verstärkerstufe (IC 1 B) wird direkt auf den mit IC 2 A, B aufgebauten Fensterkomparator gegeben. Die Dimensionierung des Spannungsteilers R 1, R 11 bis R 13 bestimmt die Schaltschwellen des Fensterkomparators.

Steigt das Signal an Pin 5 oberhalb der an Pin 6 anliegenden Spannung (Komparatorschwelle), wechselt der Ausgang (Pin 7) von „low“ nach „high“. Der Ausgang von IC 2 A (Pin 1) wechselt von „low“ nach „high“, wenn die Spannung an Pin 2 unter die an Pin 3 anliegende Spannung abfällt.

Über die Dioden D 1 und D 2 werden die Ausgangssignale zusammengekoppelt und mit der positiven Flanke die mit IC 5 B aufgebaute monostabile Kippstufe am positiven Trigger-Eingang (Pin 12) getriggert.

Ein Triggern bringt nun den Q-Ausgang auf High- und den \bar{Q} -Ausgang auf Low-Potential, wobei die Einschaltzeit mit R 3 zwischen 5 Sek. und ca. 3 Min. einstellbar ist.

Wird Pin 11 von IC 5 B über J 1 mit +5 V verbunden, so ist die Schaltung retriggerbar. Tritt mehr als eine Triggerflanke während der Einschaltzeit auf, bestimmt das RC-Produkt von R 3, R 16, C 22 die Länge der Verzögerung nach der letzten Triggerflanke. Wird hingegen Pin 11 (negativer Trigger-Eingang) über J 1 mit dem Q-Ausgang (Pin 10) verbunden, so besteht keine Retrigger-Möglichkeit.

Für einen definierten Power-on-Reset sorgen im Einschaltmoment die Bauelemente R 2 und C 21.

Die zweite mit IC 5 A aufgebaute monostabile Kippstufe verhindert ein Retrigger der Schaltung beim Abfallen des Relais.

Der Q-Ausgang von IC 5 B steuert über den Basisspannungsteiler R 17, R 19 den Relaisreiber T 1, in dessen Kollektorkreis sich das Leistungsrelais mit Freilaufdiode (D 5) befindet.

Eine über R 4 mit Spannung versorgte optionale Kontroll-LED kann zur Anzeige der Relais-Aktivierung dienen. Das 16-A-Leistungsrelais ist sowohl zum Schalten einer Kleinspannung als auch zum Schalten der 230-V-Netzwechselspannung geeignet.

Mit Ausnahme des Sensors stellt der Spannungsregler IC 4 die stabilisierte Versorgungsspannung für die gesamte Elektronik zur Verfügung. C 6 und C 7 dienen zur Pufferung und zur Störunterdrückung.

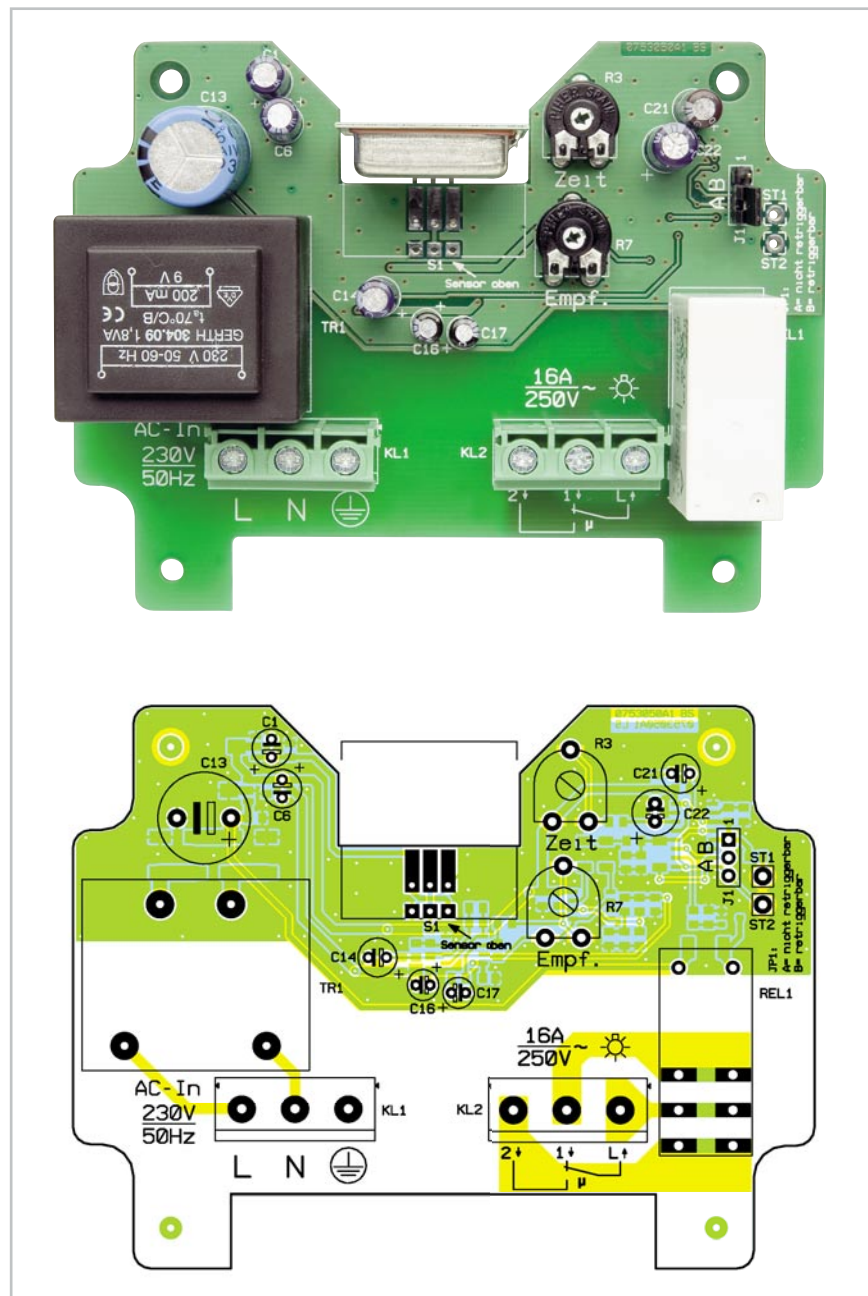
Die unstabilisierte Betriebsspannung (+U_B) liefert ein eingebautes 230-V-Netzteil (rechts im Schaltbild). An die Schraubklemme KL 1 wird die eingangsseitige Netz-Wechselspannung angeschlossen, die von hier aus direkt auf die primäre Wicklung des Netztransformators TR 1 gelangt. Da der Netztrafo dauerkurzschlussfest ist, wird keine Netzsicherung benötigt.

Nach der Gleichrichtung der sekundärseitigen Wechselspannung mit D 6 bis D 9 gelangt die mit C 13 gepufferte unstabilisierte Betriebsspannung (+U_B) auf den Eingang des Spannungsreglers IC 4 und dient des Weiteren zur Versorgung des Leistungsrelais REL 1.

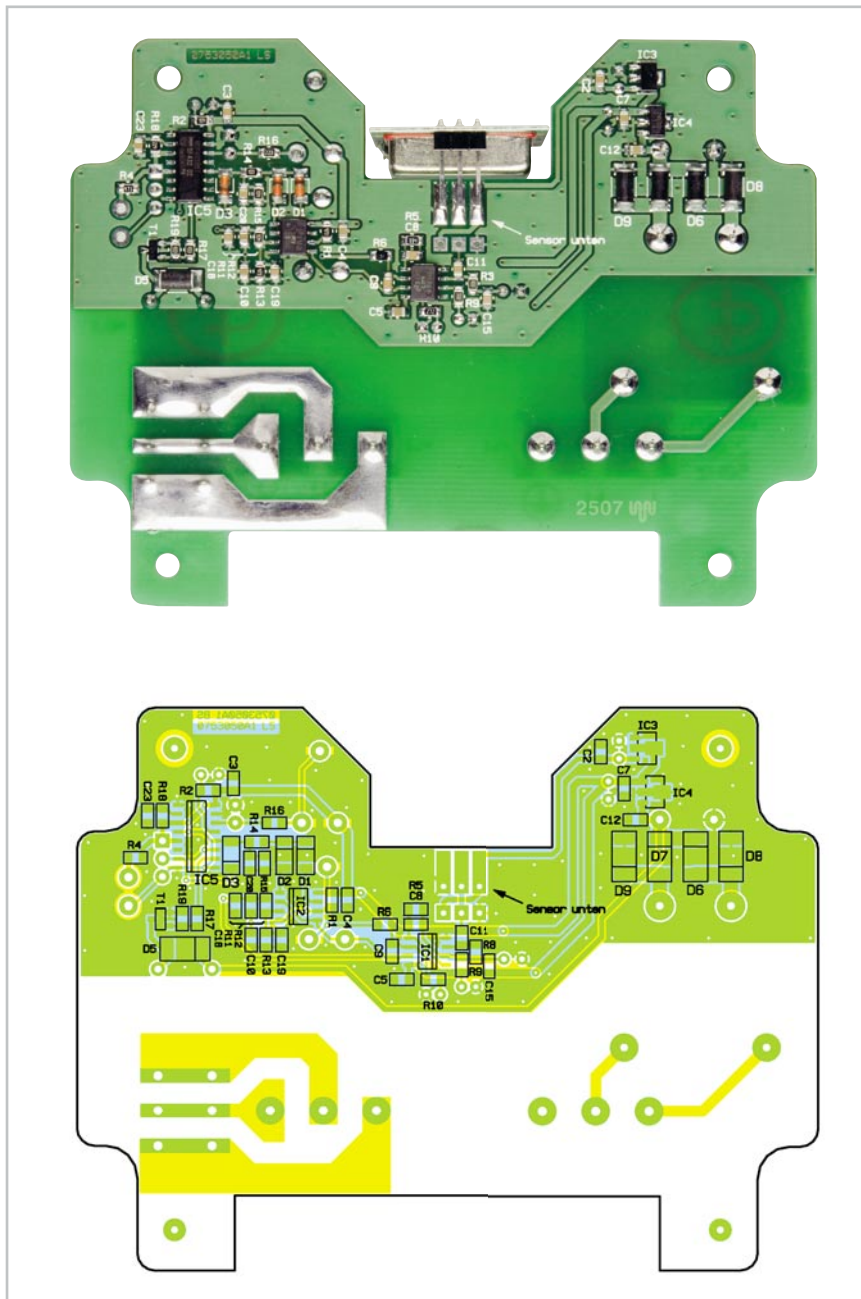
Nachbau

Der größte Teil der Elektronik des Radar-Bewegungsmelders RBM 100 ist in SMD-Ausführung realisiert und bereits werkseitig vorbestückt. Da von Hand nur noch wenige Komponenten in bedrahteter Bauform zu verarbeiten sind, ist der praktische Aufbau recht schnell erledigt.

Wir beginnen mit den beiden Einstelltrimmern R 3 und R 7, in liegender Position, die vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen. Vorsicht! Beim Verlöten ist eine zu lange Hitzeeinwirkung auf diese Bauteile zu vermeiden.



Ansicht der fertig bestückten Platine des RBM 100 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Oberseite



Ansicht der fertig bestückten Platine des RBM 100 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Unterseite

Wird der Sensor an der Platinenunterseite (SMD-Seite) montiert (Abbildung 3), erfolgt die Erfassung durch den Gehäuseboden. Diese Einbaulage ist sinnvoll, wenn der Radar-Bewegungsmelder z. B. hinter einer Abdeckplatte montiert wird und die Erfassung der bewegten Objekte durch die Platine erfolgen soll.

Die zweite Einbauvariante ist in Abbildung 4 zu sehen und sinnvoll bei der Montage des Bewegungsmelders auf einer Wand. Die Erfassung erfolgt in diesem Fall durch den Gehäusedeckel.

Als dritte Möglichkeit steht die vertikale Montageposition des Sensors zur Verfügung, wie in Abbildung 5 zu sehen. Die Objekterfassung erfolgt dann an der gegenüberliegenden Seite der Schraubklemmen (Anschlussleitungen).

Achtung! Beim Radar-Modul handelt es sich um ein ESD-empfindliches Bauelement, das durch statische Aufladung leicht gefährdet ist. Bei allen Arbeiten mit einem nicht eingelöteten Radar-Modul ist darauf zu

achten, dass die daran arbeitenden Personen nebst Hilfsmitteln nach ESD-Vorschriften geschützt sind. Dies beginnt bereits beim Herausnehmen des Moduls aus der Verpackung, wobei es am sichersten ist, das Modul lediglich seitlich an der Platine zu greifen, jedoch nie die drei Anschlüsse der Stiftleiste zu berühren.

Ist das Modul erst einmal in die Schaltung eingelötet, besteht nahezu keine Gefahr mehr, den Sensor zu zerstören. Nach dem Einlöten des Radar-Moduls ist die Platine bereits vollständig bestückt und kann in das dafür vorgesehene Gehäuse eingebaut werden.

Der Gehäuseeinbau ist abhängig von der Montageposition des Sensors. Bei der Objekterfassung durch den Gehäusedeckel oder von der Seite wird die Platine direkt in das Gehäuseunterteil gesetzt und mit vier Schrauben M3 x 6 mm fest verschraubt. Unter jedem Schraubenkopf ist eine M3-Zahnscheibe unterzulegen. Bei der Objekterfassung durch den Gehäuseboden (Radarsensor ist an der Platinenunterseite, SMD-Seite, montiert) benötigt die Platine einen zusätzlichen

Zur Aufnahme des Codiersteckers J 1 wird eine 3-polige Stiftleiste eingelötet und gleich mit dem zugehörigen Codierstecker bestückt.

Danach sind die Elektrolyt-Kondensatoren an der Reihe. Vorsicht, unbedingt auf korrekte Polarität achten! Falsch gepolte Elkos können auslaufen oder sogar explodieren.

Die Leuchtdiode D 4 ist entsprechend des Symbols im Bestückungsdruck an die Lötstifte ST 1 und ST 2 anzulöten. Am Bauteil ist die Polarität einfach am längeren Anodenanschluss (+) zu erkennen.

Im nächsten Arbeitsschritt sind die beiden Schraubklemmen KL 1 und KL 2 zu bestücken. Vor dem Festsetzen mit ausreichend Lötzinn ist darauf zu achten, dass diese Bauteile plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Das Gleiche gilt auch für das Leistungsrelais REL 1 und den Netz-Transformator TR 1 in Printausführung.

Je nach gewünschter Erfassungsrichtung gibt es für das Radar-Sensormodul S 1 drei unterschiedliche Einbaumöglichkeiten, die in den Abbildungen 3 bis 5 zu sehen sind.

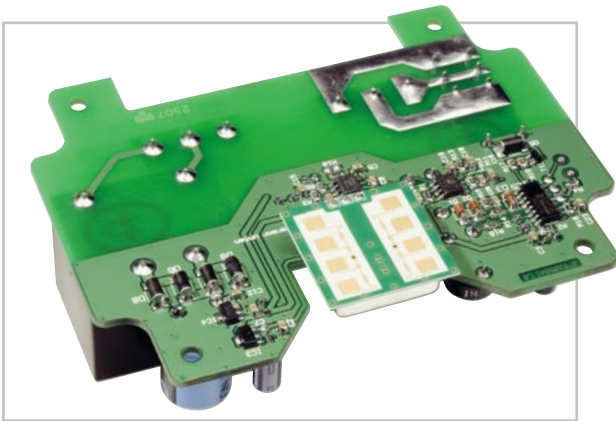


Bild 3: Montage des Radarsensors an der SMD-Seite

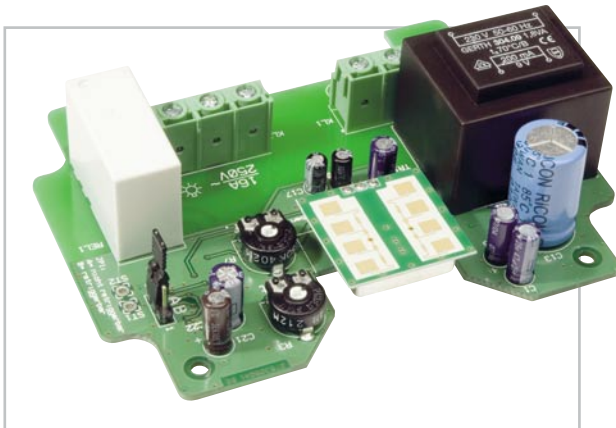


Bild 4: Montage des Sensors zur Erfassung durch den Gehäusedeckel



Bild 5: Die vertikale Montagemöglichkeit des Radarsensors

Abstand von 10 mm zum Gehäuseboden. In diesem Fall werden zwischen der Platine und den Schraubdomen im Gehäuseunterteil vier Abstandsrollchen von 10 mm Länge gesetzt. Die Leiterplattenbefestigung erfolgt dann mit Schrauben M3 x 16 mm, wobei auch hier unter jedem Schraubkopf eine M3-Zahnscheibe erforderlich ist.

Wird die Montage des Bewegungsmelders in einem Innenraum vorgenommen, so kann die Relaisaktivierung durch eine an ST 1 und ST 2 anzuschließende Leuchtdiode angezeigt werden. Im Gehäuse bzw. Gehäusedeckel ist dann eine 3-mm-Bohrung vorzunehmen, in die die Leuchtdiode eingeklebt wird (VDE-Vorschriften beachten!). Die Verlängerung der Anschlüsse erfolgt mit 1-adrig isolierten Leitungsabschnitten.

Nach Einstellen der Ansprechempfindlichkeit mit R 7 und der Relais-Aktivierungszeit mit R 3 wird der Gehäusedeckel auf-

Stückliste: Radar-Bewegungsmelder RBM 100

Widerstände:

470 Ω /SMD/0805	R4
2,7 k Ω /SMD/0805	R10
3,3 k Ω /SMD/0805	R9
4,7 k Ω /SMD/0805	R11, R12
10 k Ω /SMD/0805	R8, R14, R17, R19
20 k Ω /SMD/0805	R6
22 k Ω /SMD/0805	R16
47 k Ω /SMD/0805	R1, R13
100 k Ω /SMD/0805	R2, R15
330 k Ω /SMD/0805	R5
1 M Ω /SMD/0805	R18
PT10, liegend, 250 k Ω	R7
PT10, liegend, 1 M Ω	R3

Kondensatoren:

680 pF/SMD/0805	C8, C9
22 nF/SMD/0805	C20
100 nF/SMD/0805	C2–C5, C7, C10, C12, C15, C18, C19
470 nF/SMD/0805	C23
1 μ F/SMD/0805	C11
10 μ F/16 V	C16, C17
100 μ F/16 V	C21
47 μ F/16 V	C1, C6, C14
220 μ F/16 V	C22
1000 μ F/40 V	C13

Halbleiter:

LMV358/SMD	IC1, IC2
S-1206B30-U3T1G	IC3
TA78L05F/SMD	IC4
74HCT4538/Philips	IC5
BCW66H	T1
BAT43/SMD	D1–D3
SM4001/SMD	D5–D9
LED, 3 mm, Rot	D4

Sonstiges:

Schraubklemmleiste, 3-polig, 24 A/500 V	KL1, KL2
Radarsensor IPM-365	S1
Trafo, 1 x 9 V/200 mA, print	TR1
Leistungsrelais, 12 V, 1 x um, 16 A	REL1
Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print	J1
Jumper	J1
Lötstift mit Lötöse	ST1, ST2
2 Kabeldurchführungen, ST-M16 x 1,5 mm, Silbergrau	
2 Kunststoffmuttern, M16 x 1,5 mm, Silbergrau	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6 mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 16 mm	
4 Fächerscheiben, M3	
4 Distanzrollen, M3 x 10 mm	
1 Industrie-Aufputzgehäuse, IP 65, G214C, komplett, bearbeitet und bedruckt	

gesetzt und mit den vier zugehörigen Deckelschrauben aus rostfreiem V2A-Stahl verschraubt.

Bei der Montage des Radar-Bewegungsmelders sind unbedingt alle geltenden VDE- und Sicherheitsvorschriften zu beachten.

