



Radar-Deckensensor RD 100

Der Radar-Deckensensor arbeitet im 24-GHz-Mikrowellenbereich nach dem Dopplerprinzip und ermöglicht bei Deckenmontage die Detektion von Bewegungen innerhalb einer sehr großen Fläche unterhalb des Sensors. Abhängig von der Einbausituation entspricht die detektierbare Fläche bei 3 m Einbauhöhe einem Kreis mit 8 m Durchmesser.

Allgemeines

Die Erfassung von bewegten Objekten ist mit verschiedenen Technologien möglich, wobei die Radartechnik entscheidende Vorteile bietet. So ist z. B. im Gegensatz zu Infrarot-Bewegungsmeldern zur Erfassung kein Temperaturunterschied zur Umgebung erforderlich. Dadurch können auch bewegte Fahrzeuge und Maschinenteile problemlos erkannt werden, allerdings ist im Außenbereich eine sehr sorgfältige Positionierung notwendig, um unerwünschte Dopplersignale, hervorgerufen durch bewegte Bäume oder Sträucher im Wind, auszuschließen.

Aufgrund der Erfassungscharakteristik ist der hier eingesetzte Sensor die ideale Lösung bei Deckenmontage. Während die Schaltung des Radar-Deckensensors weitestgehend mit der Schaltung des im „ELVjournal“ 5/2007 veröffentlichten Radar-Bewegungsmelders RBM 100 übereinstimmt, unterscheidet sich der eigentliche Sensor durch ein spezielles Antennendesign mit $\lambda/4$ -Dipolantennen im Send- und Empfangspfad deutlich in der Erfassungscharakteristik. Dieser Sensor ist speziell für die Raumüberwachung von der Decke aus konzipiert und da Radarwellen Materie durchstrahlen, kann auch eine verdeckte Montage erfolgen, z. B. auf einer abgehängten Decke oder Deckenvertäfelung. Neben Alarm- und Sicherheitsanwendungen bietet sich der Einsatz als Bewegungsmelder in der Hausautomatisierung (z. B. automatischer Lichtschalter) an. Abbildung 1 zeigt den typischen Erfassungsbereich, wenn der Sensor ungefähr in der Mitte eines Raumes montiert wird. Das Polardiagramm in Abbildung 2 und das Richtdiagramm in Abbildung 3 zeigen detailliert den quasi 360° umfassenden Detektionsbereich des Sensors. Ein wesentlicher Vorteil im Vergleich zu Infrarot-Sensoren ist die Möglichkeit der völlig unsichtbaren „versteckten“ Montage hinter nicht metallischen Materialien, da Radarwellen verschiedene Arten von Materie problemlos durchstrahlen. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu Infrarot-Sensoren, die zur Funktion die Wärmestrahlung des zu erfassenden Objekts detektieren müssen. Infrarot-Sensoren können keine Objekte erfassen, deren Temperatur sich nicht hinreichend von der Umgebungstemperatur unterscheidet, und schnelle Temperaturwechsel führen hier zu Fehlauflösungen.

Technische Daten: Radar-Deckensensor RD 100

Sendefrequenz:	24,125 GHz (+/-125 MHz)
Sendeleistung (EIRP):	10 dBm
Sensor-Erfassungswinkel:	360°
Erfassungsdistanz:	8 m \varnothing bei 3 m Einbauhöhe (abhängig von der Einbausituation)
Erfassungsrichtung:	durch den Gehäusedeckel
Schaltausgang:	1 x um, 230 V, 16 A
Ansprechempfindlichkeit:	einstellbar
Einschaltdauer:	einstellbar von 5 Sek. bis 3 Min.
Anzeigen:	LED für die Einschaltdauer (optional)
Versorgungsspannung:	230 V, 50 Hz
Gehäuse-Schutzart:	IP 65
Gehäuseabmessungen (B x H x T):	115 x 55 x 90 mm

In Verbindung mit Alarmanlagen ermöglicht der Radar-Deckensensor 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.

Bei der Montage in Innenräumen ist zu bedenken, dass Radar-Sensoren grundsätzlich empfindlich auf Leuchtstofflampen reagieren. Eine Montage in unmittelbarer Nähe von Leuchtstofflampen ist nicht zu empfehlen, da dann nicht mehr die maximale Empfindlichkeit des Radar-Deckensensors genutzt werden kann. Da die Empfindlichkeit und somit Reichweite beim Radar-Deckensensor einstellbar ist, kann im Bedarfsfall auch eine Anpassung erfolgen, wenn die Montage in unmittelbarer Nähe von Leuchtstofflampen nicht zu vermeiden ist und die volle Empfindlichkeit (Erfassungsdistanz) nicht benötigt wird.

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 Gegensatz zu anderen Sensoren, die im ebenfalls freigegebenen 9-GHz-Bereich arbeiten, sind deutlich geringere Abmessungen des Sensors und der Antennenstrukturen realisiert.

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 von InnoSent liefert eine Spitzenleistung von 10 dBm (EIRP) und erfüllt natürlich alle gesetzlichen Vorschriften.

Durch getrennte Sende- und Empfangsantennen wird die höchste Empfindlichkeit und eine verbesserte Mischisolation erreicht.

Die Abmessungen des von uns eingesetzten InnoSent-Sensors (Abbildung 4) betragen 25 x 25 x 6,75 mm. Beim Sensor handelt es sich um einen Mono-Transceiver, mit dem ausschließlich Bewegungen und keine ruhenden Objekte oder die Bewegungsrichtung detektiert werden können.

Die komplette Elektronik des Radar-Bewegungsmelders RBM 100 ist in einem spritzwassergeschützten Gehäuse (IP 65) untergebracht. Zur Anpassung an die Umgebungsbedingungen kann die Ansprech-Empfindlichkeit mit Hilfe eines internen Trimmers in einem weiten Bereich angepasst werden (z. B. wenn die Montage in direkter Nähe zu Leuchtstofflampen erforderlich ist).

Sobald Bewegungen im Erfassungsbereich registriert werden, schaltet ein 16-A-Leistungsrelais für eine 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.

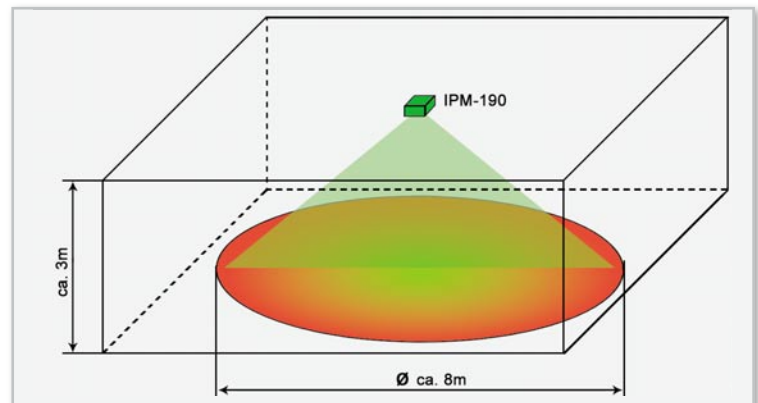


Bild 1: Erfassungsbereich des Sensors IPM-190

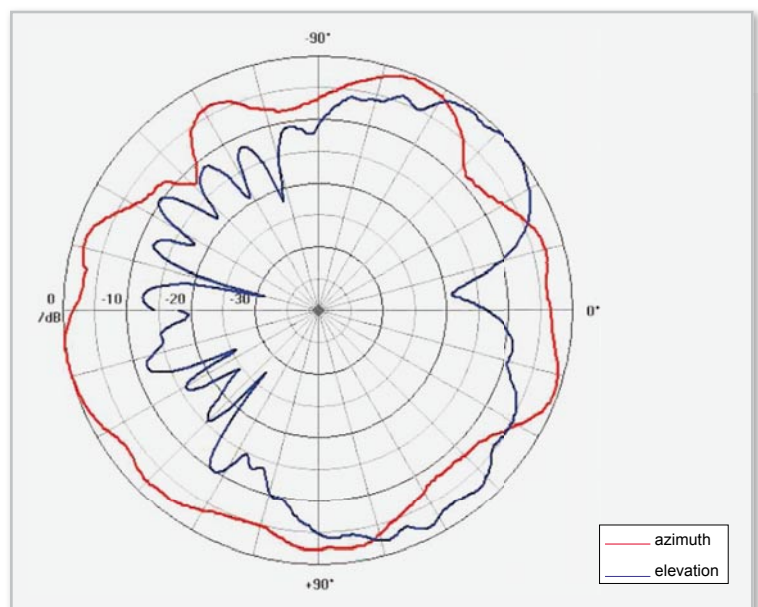


Bild 2: Polardiagramm des Sensors IPM-190

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

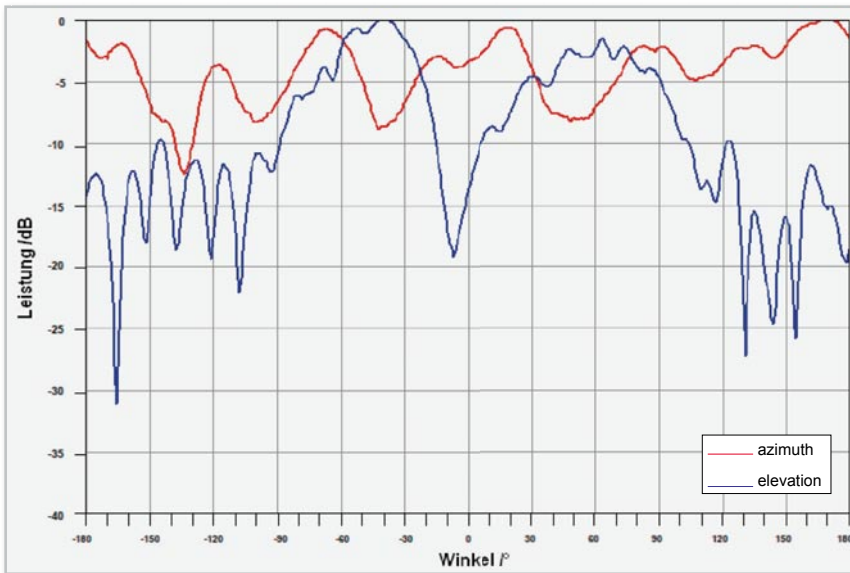


Bild 3: Richtdiagramm des Radar-Sensors IPM-190

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 Verbraucher in das Gehäuse geführt.

Eine Leuchtdiode, die das Ansprechen des Bewegungsmelders anzeigt, kann bei Bedarf nach außen geführt werden. Dabei sind aber unbedingt alle VDE- und Sicherheitsvorschriften zu beachten!

Schaltung

Die gesamte Schaltung des Radar-Deckensensors RD 100 ist in Abbildung 5 dargestellt, wobei der eigentliche Sensor des Typs IPM-190 nur 3 Anschlüsse besitzt, bestehend aus Schaltungsmasse, Versorgungsspannung und dem Doppler-Signalausgang.

Da sehr kleine Signalamplituden zu verarbeiten sind, stellt der Sensor relativ hohe Anforderungen an die Qualität der Versorgungsspannung. Im RD 100 wird dem Sensor daher eine eigene stabilisierte Betriebsspannung von 3 V zur Verfügung gestellt, die der Spannungsregler IC 3 liefert.

Des Weiteren sind im Bereich der Sensorversorgung relativ umfangreiche Maßnahmen zur Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erforderlich. Dazu

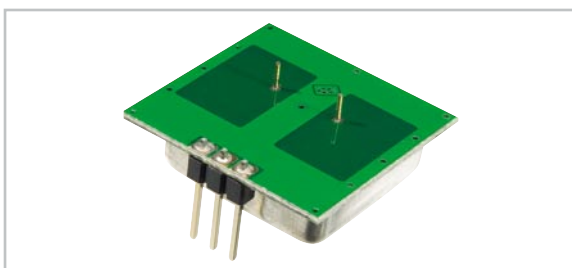


Bild 4: Der Radar-Sensor von InnoSent

zählen die Staffelblockungen C 10 bis C 12 am Eingang von IC 3 und die mit L 3 und C 4 bis C 9 aufgebaute Siebung. Während C 1 am Ausgang des Spannungsreglers Schwingneigungen verhindert, dienen C 2 und C 3 zur weiteren hochfrequenten Blockung.

Das Mischer-Ausgangssignal des Sensors IPM-190 (S 1) liegt in der Größenordnung von nur 100 μ V.

Um in verarbeitbare Amplitudenbereiche zu kommen, ist eine Nachverstärkung des Sensorsignals von ca. 70 bis 80 dB erforderlich. Diese Aufgabe übernehmen die beiden mit IC 1 realisierten Verstärkerstufen.

Das Dopplersignal des Sensors wird zunächst mit C 25 gleichspannungsmäßig entkoppelt. Über den Koppelkondensator wird das Signal dem nicht invertierenden Eingang der ersten mit IC 1 A aufgebauten Stufe zugeführt, dessen Arbeitspunkt über R 8 auf halber Betriebsspannung liegt, wobei C 28, C 29 Wechselspannungsanteile unterdrücken.

Das Verhältnis der Widerstände R 5 im Rückkopplungsweig und R 9 bestimmt die Wechselspannungsverstärkung dieser Stufe. Während die Wechselspannung um den Faktor 101 (ca. 40 dB) verstärkt wird, erfolgt aufgrund des Elektrolytkondensators C 32 keine Gleichspannungsverstärkung. Die untere Grenzfrequenz wird somit durch den Kondensator C 32 festgelegt. C 20 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 33 eine gleichspannungsmäßige Entkopplung des Rückkopplungsziugs und C 21 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 das Signal am Ausgang (Pin 7) von „low“ nach „high“. Das Ausgangssignal 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 zusammengeschaltet 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 Q-Ausgang auf Low-Potential, wobei die Einschaltzeit mit R 3 zwischen ca. 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 38 die Länge der Verzögerung nach der letzten Triggerflanke. Wird hingegen Pin 11 (negativer Trigger-Eingang) über J 1 mit dem Q-Ausgang (Pin 9) verbunden, so besteht keine Retrigger-Möglichkeit.

Für einen definierten Power-on-Reset sorgen im Einschaltmoment die Bauelemente R 2 und C 37. Die zweite mit IC 5 A aufgebaute monostabile Kippstufe verhindert ein Retriggern der Schaltung beim Abfallen des Relais.

Der Q-Ausgang von IC 5 B steuert über den Basisspannungsteiler R 17, R 19 den Relaisstreiber 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 Radar-Sensors (IPM-190) stellt der Spannungsregler IC 4 die stabilisierte Versorgungsspannung für die gesamte Elektronik zur Verfügung. C 18 und C 19 dienen am Spannungsregler-Ausgang zur Störunterdrückung und C 17 zur Pufferung und zur Verhinderung von Schwingneigungen. 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 41 gepufferte unstabilisierte Betriebsspannung (U_B) auf den Eingang des Spannungsreglers IC 4. Des Weiteren versorgt die unstabilisierte Betriebsspannung direkt das Leistungsrelais REL 1. Hochfrequente Störeinflüsse werden im Netzteil mit den speziellen Ferrit-Drosseln L 1, L 2, der Transildiode D 10 und den Kondensatoren C 40 und C 42 verhindert.

Nachbau

Der größte Teil der Elektronik des Radar-Deckensensors RD 100 ist in SMD-Ausführung realisiert und wie bei allen ELV-Bausätzen bereits werkseitig vorbestückt. Da von Hand nur noch wenige Komponenten in bedrahteter Bauform zu verarbeiten sind, ist der praktische Aufbau recht einfach und schnell erledigt.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit den beiden Einstelltrimmern R 3 und R 7, in liegender Position, die vor dem Verlöten plan auf der Platinoberfläche aufliegen müssen.

Vorsicht! Beim Verlöten ist eine zu lange Hitzeeinwirkung auf diese Bauteile zu vermeiden.

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

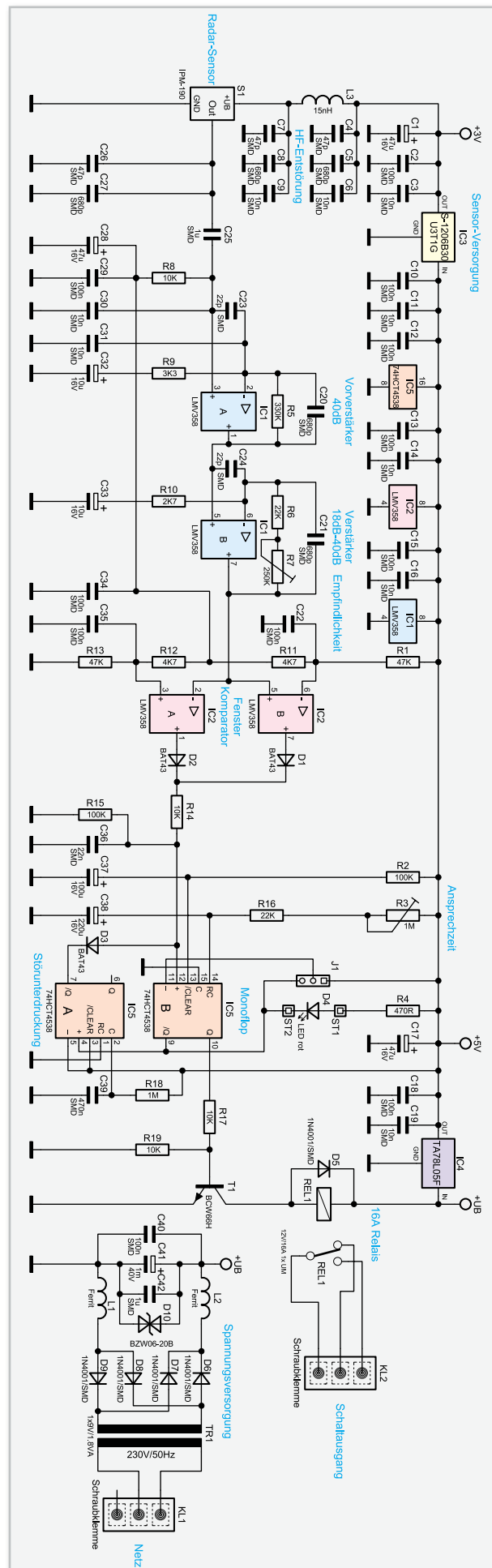
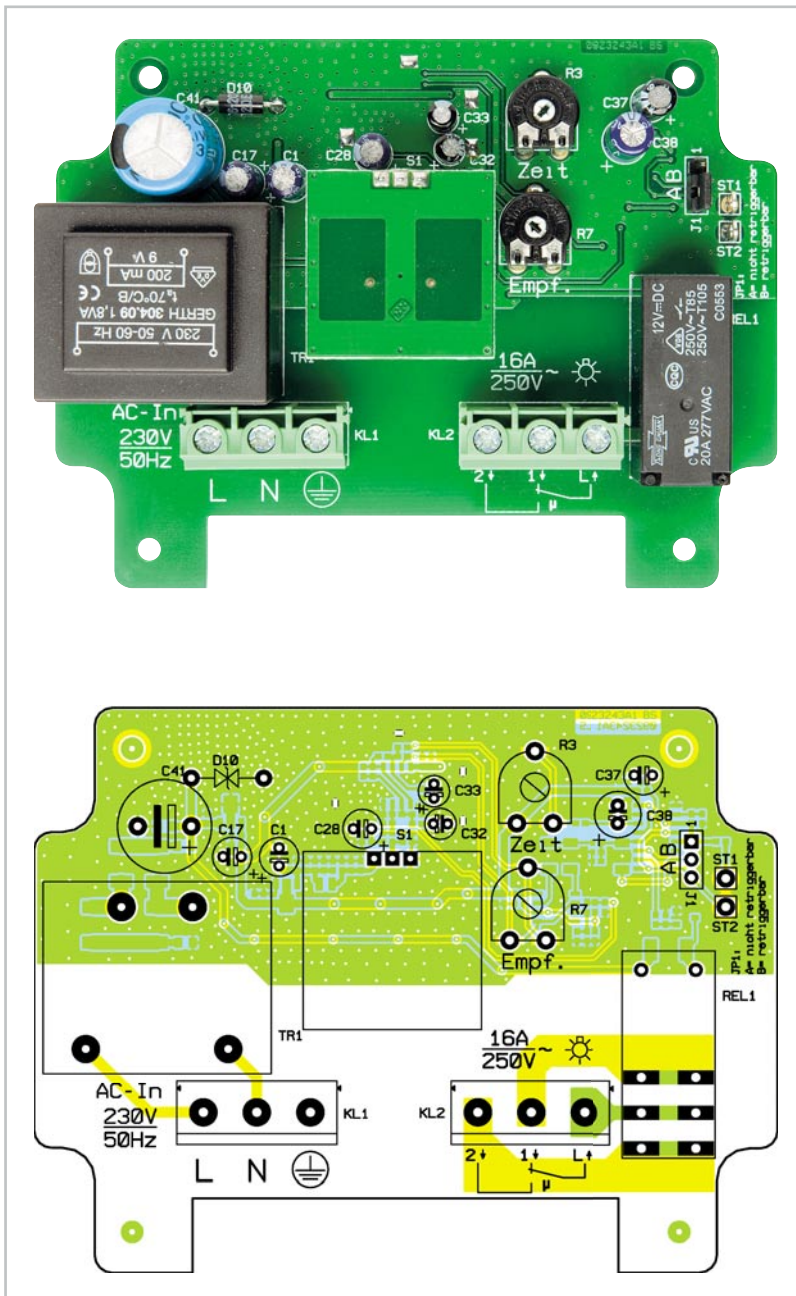


Bild 5: Schaltung des RD 100



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

auf der Platinenoberfläche aufliegen. Das Gleiche gilt auch für das Leistungsrelais REL 1 und den Netz-Transformator TR 1 in Printausführung.

Zur Aufnahme des Radar-Sensormoduls ist zuerst eine 3-polige Stiftleiste, wie auf dem Platinenfoto zu sehen, in die Leiterplatte zu löten. Über den empfindlichen Vorverstärker ist, wie auf dem Platinenfoto zu sehen, eine Abschirmhaube zu löten.

Achtung! Beim zuletzt an die Stiftleiste anzulötenden Radar-Sensormodul (IPM-190) handelt es sich um ein ESD-empfindliches Bauelement, das durch statische Aufladung leicht gefährdet ist. Bei allen Arbeiten mit einem nicht angelöteten Radar-Modul (IPM-190) 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 Sensormodul erst einmal in die Schaltung bzw. an die Stiftleiste angelötet, besteht nahezu keine Gefahr mehr, den Sensor zu zerstören. Nach dem Einlöten des Radar-Sensormoduls ist die Platine bereits vollständig bestückt und kann in das dafür vorgesehene Gehäuse eingebaut werden.

Zum Gehäuseeinbau ist zuerst das Gehäuseunterteil vorzubereiten, indem zwei M16-Kabelverschraubungen mit den zugehörigen Kunststoffmuttern montiert werden. Die fertig bestückte Platine ist danach direkt in das Gehäuseunterteil zu setzen und im oberen Bereich (gegenüberliegende Seite der Schraubklemmen) mit 2 Schrauben M3 x 6 mm fest zu verschrauben. Unter jedem Schraubenkopf ist unbedingt eine M3-Zahnscheibe unterzulegen.

Im unteren Gehäusebereich (Seite der Schraubklemmen) werden 2 Kunststoff-Bolzen von 20 mm Länge montiert, wobei zwischen den beiden Kunststoff-Bolzen und der Platinenoberfläche ebenfalls je eine M3-Zahnscheibe zu legen ist. Die Bolzen werden dann vorsichtig festgezogen.

Im netzspannungsfreien Zustand werden die Netzzuleitung und die Leitungen des Schaltausgangs an die Schraubklemmen KL 1 und KL 2 angeschlossen. Danach sind die

Stückliste: Radar-Deckensensor RD 100

Widerstände:

470 Ω /SMD/0603	R4
2,7 k Ω /SMD/0603	R10
3,3 k Ω /SMD/0603	R9
4,7 k Ω /SMD/0603	R11, R12
10 k Ω /SMD/0603	R8, R14, R17, R19
22 k Ω /SMD/0603	R6, R16
47 k Ω /SMD/0603	R1, R13
100 k Ω /SMD/0603	R2, R15
330 k Ω /SMD/0603	R5
1 M Ω /SMD/0603	R18
PT10, liegend, 250 k Ω	R7
PT10, liegend, 1 M Ω	R3

Kondensatoren:

22 pF/SMD/0603	C23, C24
47 pF/SMD/0603	C4, C7, C26
680 pF/SMD/0603	C5, C8, C20, C21, C27
10 nF/SMD/0603	C3, C6, C9, C11, C14, C16, C19, C30, C31
22 nF/SMD/0603	C36
100 nF/SMD/0603	C2, C10, C12, C13, C15, C18, C22, C29, C34, C35, C40
470 nF/SMD/0603	C39
1 μ F/SMD/0603	C25
1 μ F/SMD/0805	C42
10 μ F/16 V	C32, C33
47 μ F/16 V	C1, C17, C28
100 μ F/16 V	C37
220 μ F/16 V	C38
1000 μ F/40 V	C41

Zugentlastungen der Kabeldurchführungen festzuziehen. Wird die Montage des Bewegungsmelders in einem Innenraum vorgenommen, so kann im Bedarfsfall 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. Die Verlängerung der Anschlüsse erfolgt mit 1-adrig isolierten Leitungsabschnitten, wobei unbedingt alle VDE-Vorschriften zu beachten sind. Die Leitungsenden sind an beiden Seiten z. B. mit Klebstoff doppelt zu sichern und es ist sicherzustellen, dass die Leitungen auch im Fehlerfall keine Netzspannung führenden Teile berühren können.

Über die Schraubklemmen KL 1 und KL 2 wird entsprechend Abbildung 6 eine Abdeckplatte mit zwei Kunststoffschrauben M3 x 6 mm montiert. Erst wenn die Abdeckplatte fest montiert ist, darf die Netzspannung wieder eingeschaltet werden. Nach Einstellen der Ansprechempfindlichkeit mit R 7 und der Relais-Aktivierungszeit mit R 3 wird der Gehäusedeckel aufgesetzt und mit den vier zugehörigen Deckelschrauben aus rostfreiem V2A-Stahl fest verschraubt. Zuvor ist in die Nut des Gehäusedeckels die zugehörige Neoprendichtung sorgfältig einzulegen und dabei auf die erforderliche Länge zu kürzen.

Auch bei der endgültigen Montage des Radar-Deckensensors RD 100 sind unbedingt alle geltenden VDE- und Sicherheitsvorschriften zu beachten.

ELV



Bild 6: Über die Schraubklemmen wird die Abdeckplatte mit zwei Kunststoffschrauben montiert.

