



homematic IP

100 % kompatibel mit Homematic über
CCU2, CCU3 oder Funkmodule für Raspberry Pi

Dimmen und steuern durch Drehen

Homematic IP Drehtaster

Für mehr Dimmer-Appeal – der neue Homematic IP Drehtaster mit Tasterfunktion ist die intuitive Alternative zum konventionellen Bedientaster. Der mittels zweier Microzellen batteriebetriebene Drehtaster kann überall dort platziert werden, wo er gebraucht wird, auch im weit verbreiteten 55er-Rahmen eines bestehenden Schalterprogramms. Er verfügt über drei getrennt und vielfältig im Homematic IP System nutzbare Kanäle, die man zum Dimmen oder z. B. auch zum Einstellen der Lamellenposition von Jalousien einsetzen kann.

HmIP-WRCR

Bestell-Nr.
154871Bausatz-
beschreibung,
Montagevideo
und Preis:www.elv.com

i Infos zum Bausatz HmIP-WRCR

Schwierigkeitsgrad:
mittel **Ungefähre Bauzeit:**
0,5 h **Verwendung SMD-Bauteile:**
SMD-Teile sind bereits
komplett bestückt **Besondere Werkzeuge:**
TORX T6 **Lötferahrung:**
ja **Programmierkenntnisse:**
nein **Elektrische Fachkraft:**
nein

Präzise und intuitiv steuern

Mit einem klassischen Drehdimmer ist sicher jeder vertraut, indes wurde dieses Konzept vor allem in der Zeit der LEDs vielerorts durch Taster ersetzt, da hier elektronische Dimmer mit adäquater Phasen-An- oder Abschnittsteuerung zum Einsatz kommen. Der Taster hat jedoch den Nachteil, dass man exakt zum richtigen Zeitpunkt loslassen muss, um die gewünschte Lichtatmosphäre einzustellen. Demzufolge gelingt es nur selten, genau „auf den Punkt“ zu dimmen.

Mit dem neuen Homematic IP Drehtaster kommt das wohl einfachste Konzept zum Steuern analoger Stellgrößen durch einen Dreh-Steller zurück. Er verfügt über drei getrennt und vielfältig im Homematic IP System nutzbare Kanäle. Der erste Kanal ist für die Auswertung des im Drehgeber integrierten Drucktasters vorgesehen, der zweite Kanal für die Auswertung der Drehung im Uhrzeigersinn und der dritte Kanal für die Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn. Bei den für die Drehung vorgesehenen Kanälen ist eine Erkennung, ob schnell oder langsam gedreht wird, implementiert, mit der dann je nach Drehgeschwindigkeit eine andere Aktion im korrespondierenden Aktor ausgeführt werden kann.

Es ist natürlich möglich, einen beliebigen Homematic IP Dimmaktor anzusteuern. So kann beispielsweise eine weitere Bedienstelle für das Licht geschaffen werden. Entweder abends im Wohnzimmer direkt vom



Sitzplatz aus oder morgens im Schlafzimmer direkt aus dem Bett heraus. Durch die hohe Flexibilität im Homematic IP System kann der Drehtaster aber auch mit einem Jalousieaktor verknüpft werden, um z. B. die Lamellenposition wunschgemäß zu justieren oder die Jalousie direkt herauf- oder herunterzufahren.

Wie der Aktor auf einen Schaltbefehl des Drehtasters reagiert, kann im Verknüpfungsprofil eingestellt werden. Hier ist es zum Beispiel möglich, die Stellgröße bei einer langsamen Drehung in 5-%-Schritten und bei einer schnellen Drehung in 50-%-Schritten anzupassen. Die Parameter können nach den persönlichen Vorlieben für jede Verknüpfung individuell eingestellt werden.

Genauso flexibel lässt sich auch die Art der Energieversorgung des HmIP-WRCR leicht an den Verwendungszweck und den Standort anpassen. Bei der Montage als „Wandtaster“ stehen die Möglichkeiten der internen Batterieversorgung und die des Einsatzes des Unterputznetzteils HmIP-BPS [1] zur Verfügung. Bei Einsatz als Solitär kann man ihn auch in den Tischständer des Systems HmIP-DS55 [2] einsetzen, hier erfolgt die Energieversorgung über externe, leistungstärkere Batterien, die im Fuß des Tischständers untergebracht sind.

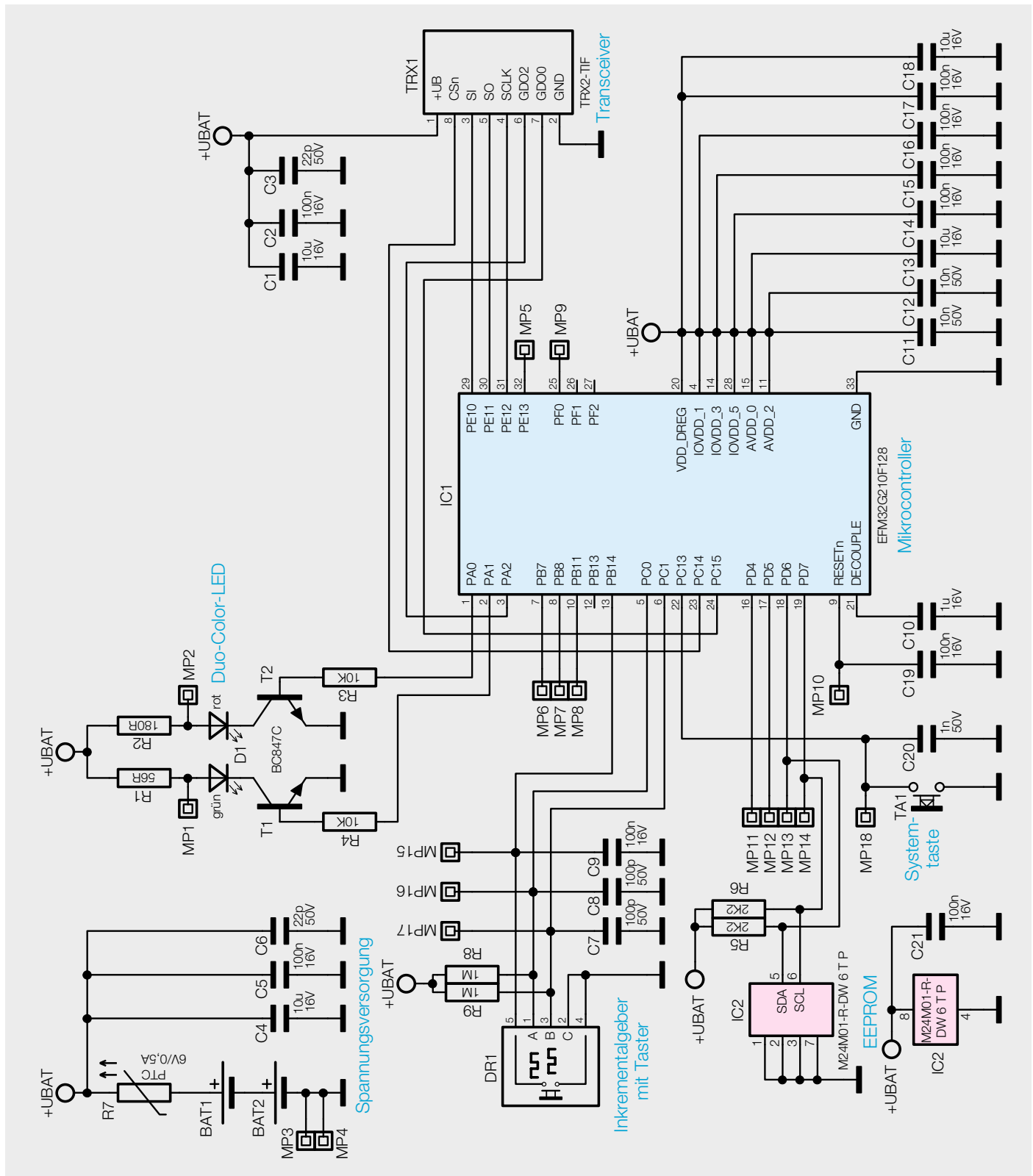


Bild 1: Schaltbild des HmIP-WRCR



Schaltung

Die übersichtliche Schaltung des Homematic IP Drehtasters (Bild 1) besteht aus den Hauptkomponenten Mikrocontroller, Funkmodul, EEPROM und natürlich dem Dreh-Drück-Inkrementalgeber.

Der energieeffiziente Mikrocontroller IC1 vom Typ EFM32G210F128 wird mit dem internen RC-Oszillator getaktet, da keine zeitkritischen Aufgaben an den Controller gestellt werden. Für den besonders effizienten Betrieb wacht der Controller nur dann auf, wenn eine Bedienung am Gerät erfolgt ist, respektive bei den zyklischen Statustelegammen an die Zentrale. Mittels des via SPI ansteuerbaren Funkmoduls TRX1 erfolgt die Kommunikation mit dem Homematic IP System. Es sorgt für den Daten- und Befehlsaustausch und ermöglicht auch ein Firmware-Update per Funk (OTAU = Over-The-Air-Update).

Konfigurationsdaten oder auch ein Firmware-Update werden im EEPROM IC2 gespeichert und bleiben somit auch bei einem Batteriewechsel erhalten. Angesprochen wird das EEPROM über den I²C-Bus. Die zugehörigen Leitungen SDA und SCL sind über die zwei Pull-up-Widerstände R5 und R6 mit +UBAT verbunden.

Das Hauptbedien-Interface des Drehtasters ist natürlich der Inkrementalgeber mit Drückfunktion DR1. Die Anschlüsse des Inkrementalgebers (A, B und C) sowie des integrierten Tasters sind direkt mit dem Mikrocontroller IC1 verbunden. Durch die Kondensatoren C7 bis C9 wird die Entprellung realisiert. Da der Inkrementalgeber im Bereich zwischen den Rastungen die Pins A und B jeweils mit Masse verbindet, entsteht ein Stromfluss über die beiden Pull-up-Widerstände R8 und R9. Die beiden Widerstände müssen darum möglichst hochohmig sein, um die Verlustleistung zu minimieren.

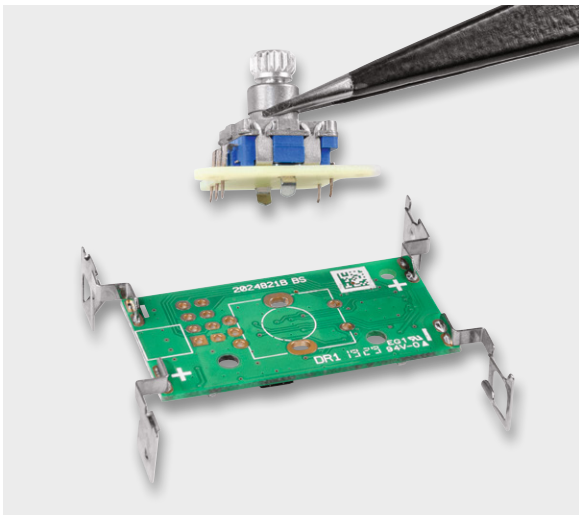


Bild 3: Montage des Inkrementalgebers

Die Systemtaste ist ein weiteres Bedienelement des WRCC. Sie besteht aus dem Taster TA1 mit zugehörigem Entprell-Kondensator C20 und der Duo-Color-LED D1. Die LEDs werden über die Transistoren T1 und T2 vom Mikrocontroller angesteuert. Der Arbeitspunkt der LEDs wird über die jeweiligen Vorwiderstände R1 und R2 eingestellt. Die Kondensatoren C1 bis C6 und C10 bis C19 dienen der Spannungsstabilisierung bzw. als Stütz- und Abblockkondensatoren.

Die Spannungsversorgung erfolgt durch zwei Micro-Batterien, der im Kurzschlussfall hochohmig werdende PTC R7 dient dabei als Sicherungselement und unterbricht im Fehlerfall den Stromkreis.

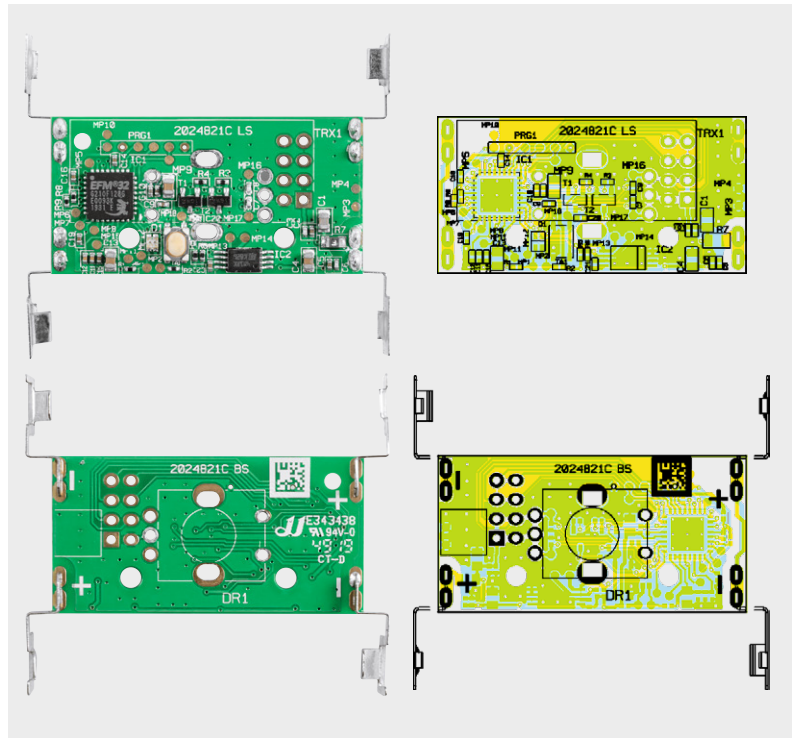


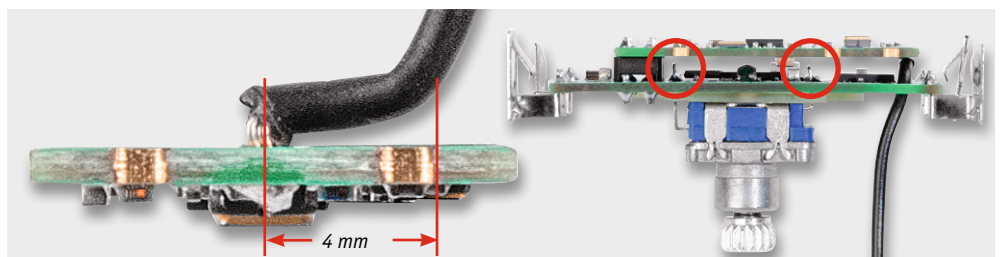
Bild 2: Die Platinfotos der Geräteplatine, hier noch ohne Funkmodul und Inkrementalgeber, rechts jeweils die zugehörigen Bestückungspläne

Nachbau

Die SMD-Komponenten sind bei diesem Bausatz bereits ab Werk vorbelegt und brauchen nicht mehr aufgelötet zu werden. Für diese Bauteile sollte ungeachtet dessen eine Sichtprüfung auf Löt- und Bestückungsfehler anhand der Leiterplattenfotos (Bild 2), der Bestückungsdrucke und der Stückliste erfolgen. Lediglich der Inkrementalgeber zusammen mit der Distanzplatte und das Funkmodul müssen noch auf die Platine gelötet werden.

Die Bestückung der Bauteile beginnt mit dem Inkrementalgeber. Dazu wird zunächst das Distanzplättchen auf der Bestückungsseite der Leiterplatte so positioniert, dass alle Löcher übereinanderliegen. Anschließend wird der Inkrementalgeber durch das Distanzplättchen und die Leiterplatte gesteckt, bis dieser einrastet. Anschließend werden die sieben Anschlusspins auf der Lötseite verlötet (Bild 3).

Bild 4: Hier ist die Führung der Antenne des Funkmoduls zu sehen. Rechts ist genau die parallele Lage des Funkmoduls zur Geräteplatine dargestellt. Hier ist darauf zu achten, dass die Pins des Inkrementalgebers nicht die Platine des Funkmoduls berühren dürfen.



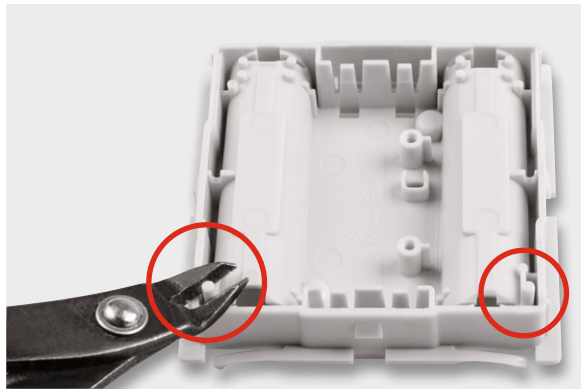


Bild 5: Zur Vorbereitung der Gehäusemontage sind zunächst die im Bild links zu sehenden Distanzstifte abzuschneiden sowie der Lichtleiter, wie im Bild rechts gezeigt, einzusetzen.

Nachfolgend wird die 4x2-polige Stiftleiste für das Funkmodul mit den längeren Stiften von der Lötseite aus durch die Platine gesteckt und auf der Bestückungsseite verlötet.

Danach wird das Funkmodul montiert. Zunächst muss hierfür die Antennenleitung durch die Basisplatine gesteckt werden, damit diese später im Gehäuse des Drehtasters optimal verlegt werden kann. Wie in Bild 4 links dargestellt, muss die Leitung dafür vorsichtig um ca. 4 mm zur Seite gebogen werden, bis sie widerstandslos durch die Bohrung in der Platine gesteckt werden kann. Nun wird das Funkmodul mit den Bauteilen nach oben zeigend auf der Stiftleiste festgelötet. Hierbei gilt es zu beachten, dass das Modul parallel zu den Platinkanten ausgerichtet wird und ausreichend Abstand zwischen Platine und Lötanschlüssen des Inkrementalgebers vorhanden ist (vgl. Bild 4 rechts).

Einbau in das Gehäuse

Nachdem der Aufbau der Leiterplatte abgeschlossen ist, erfolgt der Einbau in das Gehäuse. Als vorbereitende Maßnahme müssen die zwei über-

stehenden Kunststoff-Distanzstifte der Unterschale wie in Bild 5 links dargestellt mit einem Seitenschneider o. Ä. auf eine Höhe mit dem restlichen Gehäuse gekürzt werden. Anschließend wird der Lichtleiter für den Systemtaster in die Unterschale des Gehäuses eingesetzt (Bild 5 rechts). Hierbei gilt es zu beachten, dass sich der Lichtleiter ohne zu „haken“ in beide Richtungen durch die Öffnung bewegen kann, da sonst die Gefahr besteht, dass der Taster permanent betätigt ist und das Gerät folglich nicht ordnungsgemäß starten kann.

Nachdem die Vorbereitungen abgeschlossen sind, wird die fertig aufgebaute Platine in die Unterschale eingesetzt. Die Schraubdomes für die Stabilisierung des Inkrementalgebers und der Lichtleiter des Systemtasters können hierbei als Orientierung dienen. Die Platine muss durch einen leichten Druck von oben

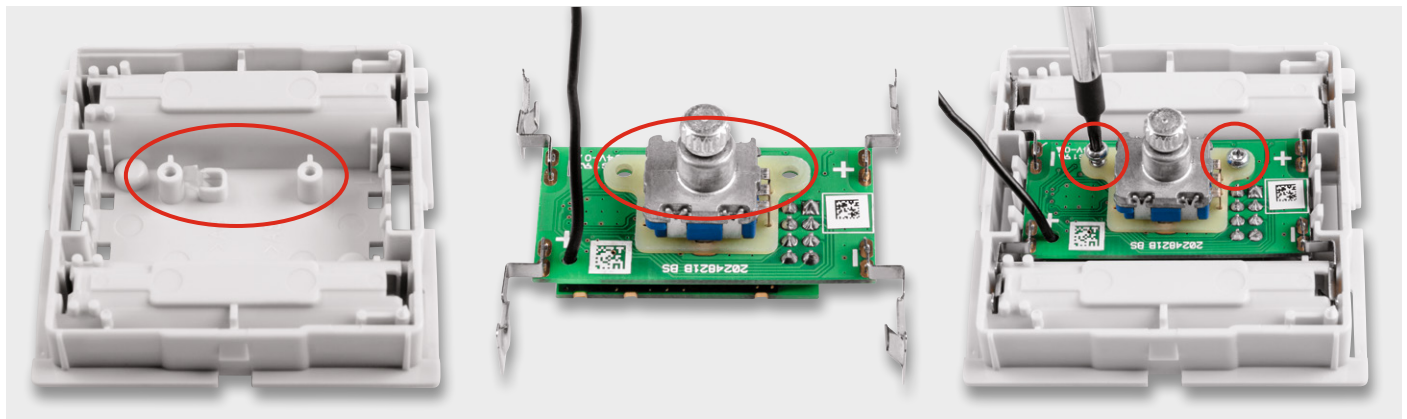


Bild 6: So erfolgt der Einbau der Platine in die Unterschale.

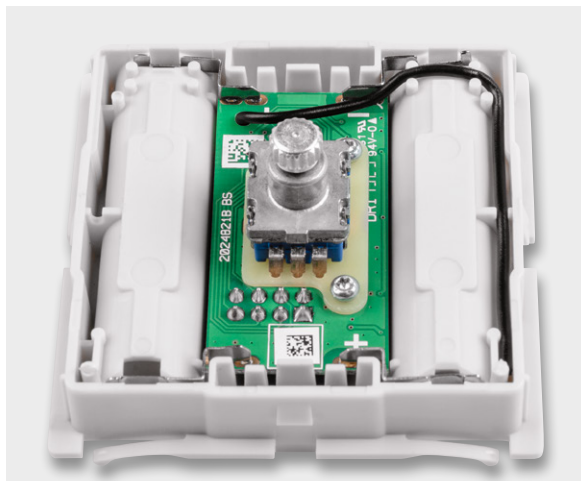


Bild 7: Hier ist die Verlegung der Antenne des Funkmoduls zu sehen

an den Seiten einrasten und anschließend mit den beiden beiliegenden TORX-Schrauben (1,8 x 6 mm) fixiert werden (vgl. Bild 6).

Die Antenne wird dann, wie in Bild 7 dargestellt, im Gehäuse verlegt und für einen sicheren Halt eingerastet. Dabei beginnt man am losen Ende der Antenne mit dem Verlegen und arbeitet sich durch die Rastnasen bis zu Platine vor. Beim Einrasten der Antennenleitung muss darauf geachtet werden, die Isolierung nicht durch den Fingernagel oder gar ein Werkzeug zu beschädigen.

Jetzt kann der Zusammenbau des Gehäuses abgeschlossen werden, indem die Oberschale wie in Bild 8 dargestellt von oben auf die Unterschale geschoben wird, bis diese hörbar einrastet. Letztlich wird das Drehrad mit leichtem Druck auf den Inkrementalgeber gepresst (rechts in Bild 8). Nun sollte eine erste Funktionsprüfung erfolgen, um sicherzustellen, dass alle mechanischen Elemente des Geräts funktionstüchtig sind. Nachdem die beiden 1,5 V-Micro-Batterien polrichtig in den HmIP-WRCR eingelegt sind, kann das Gerät zusammen mit dem beiliegenden Rahmen



auf die Montageplatte gesteckt werden (Bild 9). Die Montageplatte kann zuvor entweder mittels der beiliegenden Schrauben und Dübel bzw. durch die beiden beiliegenden Klebestreifen an der Wand montiert werden (Bild 10). Alternativ kann man den Montage- rahmen auch auf eine Unterputzdose schrauben oder den HmIP-WRCR auf den Homematic IP Tischaufstel- ler aufstecken oder in ein bestehendes Schalterpro- gramm mit 55er-Rahmen integrieren (Kompatibili- tätsliste siehe Tabelle 1).



Bild 8: Zur Endmontage des Gehäuses werden die Gehäuseober- schale und der Bedienknopf aufgesetzt.

Widerstände:

56 Ω/SMD/0402	R1
180 Ω/SMD/0402	R2
2,2 kΩ/SMD/0402	R5, R6
10 kΩ/SMD/0402	R3, R4
1 MΩ/SMD/0402	R8, R9
PTC/0,5 A/6 V/SMD/0805	R7

Kondensatoren:

22 pF/50 V/SMD/0402	C3, C6
100 pF/50 V/SMD/0402	C7, C8
1 nF/50 V/SMD/0402	C20
10 nF/50 V/SMD/0402	C11, C12
100 nF/16 V/SMD/0402	C2, C5, C9, C14–C17, C19, C21
1 µF/16 V/SMD/0402	C10
10 µF/16 V/SMD/0805	C1, C4, C13, C18

Halbleiter:

ELV191703/SMD	IC1
M24M01-DF DW 6 T G/TSSOP-8	IC2
BC847C/SMD	T1, T2
Duo-LED/rot/grün/SMD	D1

Sonstiges:

Taster mit 0,9-mm-Tastknopf, 1x ein, SMD, 2,5 mm Höhe	TA1
Inkrementalgeber mit Achse und Tastschalter, 20 Impulse/360°, 20 (18°) Schritte, print, liegend	DR1
Batteriekontakte Plus	BAT1, BAT2
Batteriekontakte Minus	BAT1, BAT2
Stiftleiste, 2x 4-polig, gerade	TRX1
Sender-/Empfangsmodul TRX2-TIF	TRX1
Abstandshalter-Platine HmIP-WRCR	
Gehäuseunterteil, grau, bedruckt (Laser)	
Gehäuseoberteil, weiß	
Lichtleiter	
Drehknopf	
Gewindeformende Schrauben, 1,8 x 6 mm, TORX T6	
Gehäuserahmen, weiß, bedruckt	
Montageplatte für Wandmontage auf DIN-UP-Dosen	
Dübel, 5 mm	
Spanplattenschrauben, Senkkopf, 3,0 x 30 mm, Kreuzschlitz	
Klebebänder, doppelseitig, 34 x 14 mm	

Stückliste



Bild 9: Das mit Batterien bestückte Gerät kann in den zugehörigen Montage- rahmen eingesetzt werden.

Schließlich kann der HmIP-WRCR auch mit dem Unterputznetzteil HmIP-BPS betrieben werden, sodass man sich um das Wechseln der Batterien keine Sorgen machen muss. Weitere Hinweise zur Montage finden sich in der zu jedem Bausatz mitgelieferten Montage- und Bedienungs- anleitung des Geräts.



Bild 10: An der Wand montierter, betriebsbereiter HmIP-WRCR

Kompatible Schalterprogramme zum HmIP-WRCR

Hersteller	Rahmenprogramme
Berker	S.1, B.1, B.3, B.7 Glas
Elso	Joy
Gira	System 55, Standard 55, E2, E22, Event, Esprit
Merten	1-M, Atelier-M, M-Smart, M-Arc, M-Star, M-Plan
Jung	A 500, AS500, A plus, A creation

Tabelle 1

Bedienung

Nachdem das Gerät an die Smart Home Zentrale CCU2/CCU3 oder über die App an den HAP angelernt wurde, bietet sich das Anlegen direkter Verknüpfungen zwischen dem Drehtaster und beispielsweise einem Dimmer an. Wie oben erwähnt, verfügt der HmIP-WRCR über drei Kanäle – jeweils einen für Tastendruck auf das Drehrad sowie für das Drehen im und entgegen dem Uhrzeigersinn. Der klassische Tastendruck funktioniert hier wie gewohnt, und es kann zwischen einem langen und einem kurzen Tastendruck unterschieden werden. Diese Information wird an den korrespondierenden Aktor gesendet, welcher dann je nach vorheriger Konfiguration individuell auf den eingehenden Befehl reagieren kann. Bei einem kurzen Tastendruck kann also beispielsweise das Licht auf den letzten Dimmwert eingestellt und beim langen Tastendruck in 10%-Schritten mit einer vorgegebenen Rampenzeit hoch- oder heruntergedimmt werden. Bei letzterer Anwendung besteht der Nachteil darin, dass der Taster sofort im richtigen Moment losgelassen werden muss, sobald der korrekte Dimmwert erreicht wurde.

Beim Drehen des Drehrades können auch, je nach Drehgeschwindigkeit und Drehrichtung, unterschiedliche Aktionen ausgeführt werden. So ist es zum Beispiel möglich, bei einer langsamen Drehung mit einzelnen Dimmschritten im 5%-Raster eine sehr feine Einstellung des Aktors vorzunehmen. Bei einer schnellen Drehung kann hingegen auch um 33 %, 50 % oder 100 % gesprungen werden, um eine deutlich gröbere Einstellung vorzunehmen. Zudem kann festgelegt werden, dass der Aktor bei einer Drehung

im Uhrzeigersinn nur hochdimmt und bei einer entgegengesetzten Drehung nur herunterdimmt. All diese Parameter sind jedoch in der Homematic IP typischen Flexibilität im Aktor frei konfigurierbar und je nach Anwendungsfall einstellbar. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] HmIP-BPS: www.elv.com, Bestell-Nr. 151197
- [2] HmIP-DS55: www.elv.com, Bestell-Nr. 141743

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	HmIP-WRCR
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR03/Micro/AAA
Stromaufnahme:	100 mA max.
Batterielebensdauer:	3 Jahre (typ.)
Schutzart:	IP20
Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Funk-Frequenzband:	868,0–868,6 MHz/869,4–869,65 MHz
Funk-Sendeleistung:	10 dBm max.
Empfängerkategorie:	SRD Category 2
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	180 m
Duty Cycle:	< 1 % pro h/< 10 % pro h
Abmessungen (B x H x T):	55 x 55 x 29 mm (ohne Rahmen) 86 x 86 x 31 mm (mit Rahmen)
Gewicht:	91,4 g (inkl. Batterien)

Kommunikationsmodi

Im Homematic IP System gibt es verschiedene Kommunikationsmodi, die je nach Einsatz und Energieversorgung der Geräte in folgende vier Klassen unterteilt werden können:

Permanent Listener: Der Permanent-Listener-Modus kommt typischerweise bei netzversorgten Geräten zum Einsatz. Der Funkempfänger ist permanent aktiv – dadurch ist eine sehr schnelle Ansprechzeit realisierbar. Durch den daraus resultierenden erhöhten Energiebedarf ist der Einsatz in batteriebetriebenen Geräten unpraktikabel.

Wake-on-Radio/Burst Listener: Der Modus Wake-on-Radio oder auch Burst-Listener wird dann verwendet, wenn ein batteriebetriebenes Gerät zu jeder Zeit ansprechbar sein muss. In diesem Modus ist der Funkempfänger für eine kurze Zeit in einem festgelegten Intervall aktiv. Wenn in diesem Intervall Funk-Aktivität festgestellt wurde, bleibt der Empfänger aktiv, um das Telegramm entgegenzunehmen.

Cyclic Listener: Der Cyclic-Listener-Modus wird bei Geräten eingesetzt, die mit anderen batteriebetriebenen Geräten regelmäßig und frequent Daten austauschen müssen. Die entsprechenden Geräte synchronisieren sich gegenseitig und können den Zeitpunkt vorausberechnen, in dem der Partner wach ist. Dadurch kann im richtigen Moment die Datenübertragung initiiert werden.

Event Listener: Der Event-Listener-Modus für batteriebetriebene Geräte ist der Kommunikationsmodus mit dem potenziell geringsten Energiebedarf. Dieser wird für Geräte verwendet, die nur im Falle einer Zustandsänderung am Gerät selber ein Telegramm an die Partner senden. Dies kann unter anderem der Tastendruck auf der Funk-Fernbedienung oder das Öffnen oder Schließen des Fensters etc. sein.

Energiebedarf

Ansprechzeit



Inkrementalgeber

Inkrementalgeber ermöglichen eine exakte, reproduzierbare Positionierung von Einstellungen. Sie dienen zur Erfassung von Lage- oder Winkeländerungen. Rotierende Inkrementalgeber werden oft vereinfachend als „Drehgeber“ oder entsprechend ihrer Auswertungsart als Encoder bezeichnet. Eine der wohl bekanntesten Anwendungen sind die optischen Inkrementalgeber in einer optomechanischen Computermaus.

Die Abtastung der Einstellung des mechanischen Gebers erfolgt z. B. mit Schleifkontakten ähnlich eines Stufenschalters, die des optischen Gebers mit Lichtschranken (Durchlicht mit Schlitzscheibe wie bei der Computermaus, oder Auflicht mit Reflexlichtschranke) bzw. der extrem exakten interferentiellen Messmethode, die Lichtbeugungserscheinungen an einem Phasengitter nutzt, oder magnetisch/induktiv, z. B. mit einem eisernen Zahnrad und Induktionsspulen. Hier werden die vorbeilaufenden Zahnradflanken gezählt. Eine Version dieser Methode ist die zur Steuerung von bürstenlosen Gleichstrom-Motoren (BLDC) angewandte Magnetfeld-Abtastung mittels im exakten Winkel versetzter Hallensoren.

Die Ausgänge von Inkrementalgebern liefern zwei um 90° gegeneinander phasenverschiebene Ausgangssignale. Dadurch kann man neben dem Drehwinkel auch die Drehrichtung bestimmen. Je nachdem, in welche Richtung gedreht wird, ändert sich zuerst Signal A oder Signal B. Die Signalauswertung kann durch eine getaktete Flankenrichtungsdetektierung verfeinert werden, um eine Irritation bei kurzen („halben“) Bedienschritten und gleichzeitigen Drehrichtungswechseln zu vermeiden. Ähnliche Verfahren wie z. B. Vergleiche mit vorgegebenen Abtastmustern eliminieren Prellen und andere Störungen wie z. B. Fremdlicht bei optischen Drehgebern.

Inkremental- und Absolut-Geber

Der einfache Inkrementalgeber verfügt nicht über eine Erkennung der Ausgangsposition beim Einschalten des Geräts. Er misst Winkel- oder Streckenwerte allein über das periodische Muster im Geber.

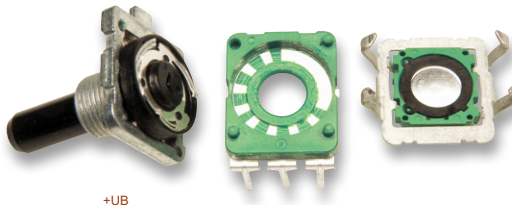
Eine einfache Erkennung ist möglich, indem z. B. in der von einer Lichtschranke durchleuchteten Segmentscheibe neben der eigentlichen Abtast-Lochreihe eine zusätzliche Index-Aussparung für eine weitere Lichtschranke eingebracht ist. Bei der Zahnradabtastung wird dann neben der eigentlichen Zahnradreihe noch ein Zahn zur Positionsbestimmung auf einem Außenkranz aufgebracht.

Hier muss also der Drehgeber zuerst in die Nullstellung zur Erzeugung eines Index- bzw.

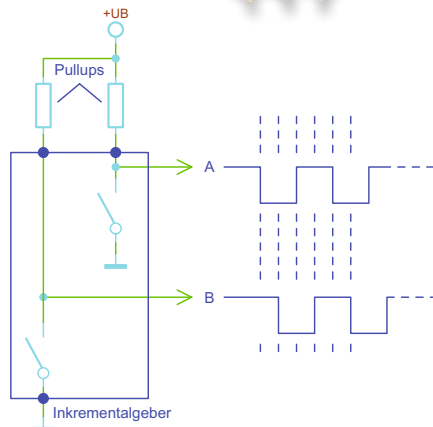
Referenzsignals (Z-Kanal) gebracht werden, erst dann werden die Winkelimpulse gezählt.

Der Absolut-Geber hingegen erfasst z. B. mit mehreren Lichtschranken ein genau definiertes Muster auf der Kodierscheibe oder -strecke. Hier wird z. B. der sogenannte Gray-Code angewandt, bei dem sich zur besonders sicheren Datenübertragung jeweils nur ein Bit von Schritt zu Schritt ändert. Das digitale Ausgangssignal des Gebers wird also exakt mit einer Logiktablette verglichen, und anhand dieses Bitmusters kann jederzeit, auch nach einem Stromausfall, die Position des Drehgebers erfasst werden.

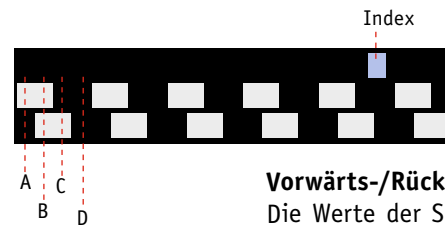
Inkrementalgeber



Der Aufbau eines mechanischen Inkrementalgebers



Die Impulsausgabe des Inkrementalgebers



Vorwärts-/Rückwärtserkennung:

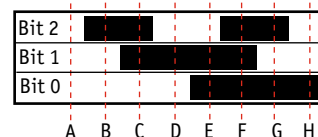
Die Werte der Spuren treten bei Rückwärtsdrehung in umgekehrter Reihenfolge auf, also z. B. nach dem Wert Vorwärts 10 folgt nicht 11 wie im Vorwärtslauf, sondern 00. Diese Änderung der Reihenfolge wird ausgewertet.

Index:

Einfache Referenzsignalerzeugung mit weiterer Abtastungsspur

Vorwärts		
A	1	0
B	1	1
C	0	1
D	0	0

Absolut-Geber, Beispiel mit 3-Bit-Gray-Code



Bit	0	1	2
A	0	0	0
B	0	0	1
C	0	1	1
D	0	1	0
E	1	1	0
F	1	1	1
G	1	0	1
H	1	0	0