



# Schaltsignalübertragung mit LPD-/PMR-Funkgeräten

**Im Kurzstreckenfunk haben sich LPD- und PMR-Handfunkgeräte für den Privatgebrauch durchgesetzt. Unsere Zusatzschaltung erweitert die Funktionalität dieser praktischen Kommunikationsgeräte. Sie ermöglicht die bidirektionale Übertragung von bis zu 8 Schaltsignalen per Funk, wobei Reichweiten bis zu mehreren Kilometern erreichbar sind.**

## Allgemeines

Wer für den Privatgebrauch nach einem Funkgerät sucht, ohne vorher eine Amateurfunklizenz erwerben zu müssen, hatte bis vor ein paar Jahren nur die Möglichkeit, sich ein CB-Funkgerät zuzulegen. Da diese Geräte weit verbreitet sind, können sie kostengünstig erworben werden. Aufgrund der max. 4 W Sendeleistung sind unter günstigen Bedingungen Reichweiten bis zu mehreren Kilometern realisierbar. Nachteil dieser Geräte ist meist die Größe, wobei die Handfunkgeräte mit integrierten Akkus auch nicht zu den Leichtgewichtigen zählen. Zudem benötigen sie aufgrund des benutzten Frequenzbereichs im 27-MHz-Band eine sehr lange Antenne, die den portablen Betrieb erschwert. Auch der Einsatz einer Wendel-Gummi-Antenne mit einer Länge von immerhin noch ca. 25 cm

macht das Gerät kaum handlicher, dazu sinkt die Reichweite.

## Kompakt funken - LPD-Funkgeräte

Für Anwendungen, bei denen keine Reichweiten von mehreren Kilometern erforderlich sind, kommen heute die LPD- (Low Power Device)-Funkgeräte in Frage, die mit 10 mW Sendeleistung arbeiten und mit denen Reichweiten im Freien von bis zu 2 km und in Gebäuden von bis zu 200 m möglich sind. Die Geräte dürfen in Deutsch-

land und vielen anderen Ländern anmelden- und gebührenfrei betrieben werden. Sie arbeiten im Frequenzbereich von 433,075 MHz bis 434,775 MHz mit einem Kanalaraster von 25 kHz, wodurch sich 69 verfügbare Kanäle ergeben. Einer der größten Vorteile dieser Geräte sind die kompakten Abmessungen. Sie passen mit ihrer kurzen Antenne bequem in eine Hosentasche. Für die Geräte ist reichlich Zubehör erhältlich, so gibt es z. B. diverse Sprechgarnituren, die sogar den Einbau in einen Motorradhelm erlauben und die Kommu-

### Technische Daten: LPD-/PMR-Fernschaltung

Schalteingänge: .....	8 (Schalter nach GND oder TTL)
Schaltausgänge: .....	8 (0 V oder 5 V, jeweils 5 mA)
Dauer der Signalübertragung: .....	ca. 6 s incl. Bestätigung
Belastbarkeit der 5 V an den Stiftleisten: .....	max. 300 mA
Betriebsspannung: .....	9 - 15 V, DC
Stromaufnahme: .....	20 mA

nikation innerhalb einer Motorradgruppe ermöglichen. Der Nachteil der Geräte ist der verwendete Frequenzbereich, der ebenfalls von diversen Fernbedienungen, Datenfunkeinrichtungen oder drahtlosen Kopfhörern genutzt wird, die zu Störungen der Funkverbindung führen können.

## Modern funken - PMR-Funkgeräte

Seit November 1999 gibt es eine neue Generation von Funkgeräten - die PMR- (Private Mobile Radio)-Funkgeräte. Sie dürfen ebenfalls in Deutschland und vielen anderen Ländern anmelde- und gebührenfrei betrieben werden. Sie arbeiten im Frequenzbereich von 446,00625 MHz bis 446,09375 MHz im Frequenzraster von 12,5 MHz. So ergeben sich 8 verfügbare Kanäle. Mit einer Sendeleistung von 500 mW erreichen sie im Freifeld Reichweiten von bis zu 5 km und in Gebäuden bis zu 400 m. Im Vergleich zum LPD-Gerät verfügen diese Geräte zunächst über weniger Kanäle. Dafür bieten aber die meisten PMRs eine digitale Codierung (CTCSS). Hierbei wird zusammen mit dem Sendesignal eine Codierung übertragen, die die Rauschsperrung des Empfängers nur deaktiviert, wenn dort die gleiche Codierung eingestellt ist. Der Code ist jedoch nicht als Sicherheitscode nutzbar, da die Geräte mit einer Monitortaste ausgestattet sind, mit der die Rauschsperrung überbrückt werden kann und dann alle Übertragungen ohnehin hörbar sind. CTCSS leistet aber wertvolle Dienste, wenn der Empfänger nur auf einen bestimmten Sender reagieren soll.

Auch für diese Gerätegeneration ist reichhaltiges Zubehör erhältlich, das aufgrund der Bauähnlichkeit zu den LPD-Geräten meist auch für diese einsetzbar ist.

Da fast alle LPD- und PMR-Funkgeräte über eine Buchse für externes Mikrofon und für einen Kopfhörer verfügen, bieten sich diese Geräte geradezu an, über ihre „Universal-NF-Schnittstellen“ auch weitere Nutzungsbereiche, wie eben die Übertragung von Schaltsignalen über große Entfernungen, zu erschließen.

## Bedienung und Funktion

Die Zusatzschaltung wird mit einem Steckernetzgerät betrieben, das eine Gleichspannung von 9 V bis 15 V liefern muss. Da die Stromaufnahme der Schaltung nur 20 mA beträgt, können weitere Komponenten versorgt werden, wozu die stabilisierte 5-V-Spannung an den Stiftleisten zur Verfügung steht.

Da die Schaltung 8 Schaltsignale in beide Richtungen übertragen kann, ist der Aufbau für beide Seiten identisch. In der Abbildung 1 ist die Beschaltung der Ein-

und Ausgänge beispielhaft dargestellt. Die Signaleingänge führen über einen internen Pull-Up-Widerstand High-Potential und können über einen externen Schalter oder Taster nach Masse gezogen werden. Ebenso ist die Verbindung mit externer Elektronik möglich, die 0 oder 5 V auf die Eingänge legt. Die Schaltausgänge können max. 5 mA liefern und werden direkt zur Ansteuerung von LEDs oder kleinen Relais genutzt. Zur Ansteuerung größerer Relais ist zusätzlich ein externer Transistor erforderlich.

Die Versorgung der LPD-/PMR-Funkgeräte kann ganz normal über Batterien oder Akkus erfolgen, wobei die Betriebszeit natürlich von deren Kapazität abhängig ist. Für den Dauerbetrieb empfiehlt sich die Verwendung von Akkus mit einem Ladegerät, das es ermöglicht, die Akkus auch während des Betriebes des Funkgerätes zu laden. In der Tabelle 1 sind für die gängigen LPD-/PMR-Geräte die unterschiedlichen Möglichkeiten aufgeführt.

Die Verbindung mit den LPD-/PMR-Funkgeräten erfolgt über die Anschlüsse für das externe Mikrofon und den Kopfhörer. Die Lautstärke der Funkgeräte ist so einzustellen, dass das Ausgangssignal einen ausreichenden Pegel aufweist, aber die Eingangsstufe der Auswerteschaltung nicht übersteuert wird. Die Schaltung ist so dimensioniert, dass die Lautstärke ungefähr auf die in Tabelle 1 aufgeführten Werte eingestellt werden kann.

Die Funkgeräte müssen auf den gleichen Kanal eingestellt sein. Wenn die Geräte über die CTCSS-Funktion verfügen, sollte diese aktiviert werden, damit der Empfänger nicht durch fremde Sender aktiviert werden kann.

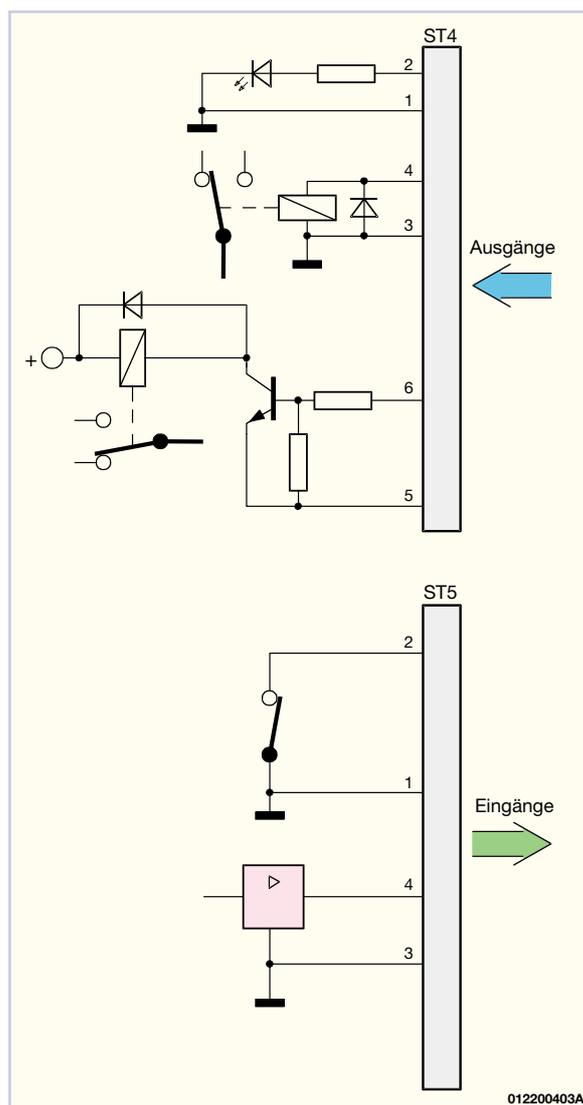
Um die Übertragung noch zusätzlich zu sichern, erfolgt eine Codierung durch einen 8fach-DIP-Schalter, dessen Einstellungen auf der Sender- und Empfängerseite übereinstimmen müssen.

Die Aktivierung einer Übertragung erfolgt durch eine negative Flanke der CLK-Leitung (Pin 19 von ST 5) oder automatisch, wenn sich der Pegel eines Eingangssignals ändert. Die automatische Aktivierung ist durch Setzen des Jumpers J 1 deaktivierbar,

wobei dann nur ein CLK-Signal die Übertragung startet. Um eventuelles Pellen der Eingangssignale auszufiltern, wird der Pegel der 8 Eingangssignale erst 200 ms nach dem Takt eingelesen.

Zu Beginn einer Übertragung leuchtet die rote LED auf, die anzeigt, dass der aktuelle Schaltzustand noch nicht zur Gegenseite übertragen wurde.

Die Schaltung aktiviert das Funkgerät und schaltet es in den SendebetrieB. Nach ca. 2 Sekunden, in denen die Gegenseite auf Empfang geschaltet hat, beginnt die Übertragung der Signale, die ca. 1 Sekunde dauert. Die Gegenseite prüft daraufhin das empfangene Datenpaket und übernimmt bei übereinstimmender Einstellung der DIP-Schalter und korrekter Prüfsumme die Schaltsignale auf die Ausgänge, die an der Stiftleiste ST 4 liegen. Als Zeichen dafür, dass ein Datenpaket richtig empfangen wurde, leuchtet die grüne LED für ca. 1 Sekunde auf. Die Gegenseite leitet nun von ihrer Seite aus ebenfalls einen Sendevorgang ein, um das Paket zu bestätigen. Wird diese vom ersten Gerät empfangen, so leuchtet dessen grüne LED ebenfalls für



**Bild 1: Beispiele zur Beschaltung der Ein- und Ausgänge**

Tabelle 1: Übersicht LPD- und PMR-Geräte

Bezeichnung	Typ	Anschluss	Lautstärke	Batterie	Akkubetrieb / Ladegerät
DNT Sport Tek	LPD	a)	1/3	3 Mignon	Mignon-Akkus ohne Lademöglichkeit oder Spezial-Akku in Verbindung mit Standladegerät
ALBRECHT SportyFun	LPD	b)	3/4	3 Mikro	Mikro-Akkus, Laden über Buchse
Albrecht Tectalk	PMR	c)	Stufe 3	4 Mikro	Mikro-Akkus, Laden in Standladegerät
Stabo Freecomm 300	PMR	c)	1/3	4 Mikro	Mikro-Akkus, laden über Kontakte an der Geräteunterseite
Motorola TS 200	PMR	b)	1/3	3 Mignon	Mignon-Akkus, Laden im Gerät nicht möglich

1 s auf und die rote LED erlischt als Zeichen dafür, dass die Schaltsignale korrekt übertragen wurden. Die Dauer für eine Übertragung inklusive Bestätigung der Gegenseite beträgt ca. 6 Sekunden. Erhält die Sendeseite keine Bestätigung von der Gegenseite, so wird der Sendevorgang nach einer zufällig ermittelten Zeit von 30 s bis 65 s wiederholt.

Wichtig ist hierbei, dass die beiden Geräte unabhängig voneinander arbeiten. Jede Seite leitet von sich aus einen Sendevorgang ein und wartet auf die Bestätigung der Gegenseite.

Gelingt es einer Seite nicht, Daten zu senden und eine Bestätigung der Gegenseite zu erhalten, so beginnt die rote LED nach 5 Minuten zu blinken.

Im normalen Betrieb wird der Sendevorgang nur eingeleitet, wenn sich die Schaltzustände ändern, oder ein Takt auf die CLK-Leitung gegeben wird. Fällt nun z. B. ein Funkgerät aus, oder ist die Funkübertragung gestört, so kann kein Schaltsignal mehr übertragen werden und die aktuellen Pegel an den Schaltausgängen bleiben erhalten. Sind an den Schaltausgängen z. B. Leuchten angeschlossen, so werden diese nicht mehr ausgeschaltet.

Um ein dauerhaftes Einschalten eines Steuerausgangs zu vermeiden, kann man durch Setzen des Jumpers J 2 einen Time-outmode aktivieren.

Hierbei sendet die Seite, auf der der Jumper gesetzt ist, spätestens alle 9 Minuten den aktuellen Zustand der Schaltzustände. Die Gegenseite erkennt am Datenpaket, dass dieser Mode auf der Sender-

Seite aktiv ist und erwartet nun alle 9 Minuten diese Statusmeldung. Bleibt diese Meldung für 30 Minuten aus, so werden alle Schaltausgänge auf Low-Pegel geschaltet, wobei die grüne LED blinkt.

### Schaltung

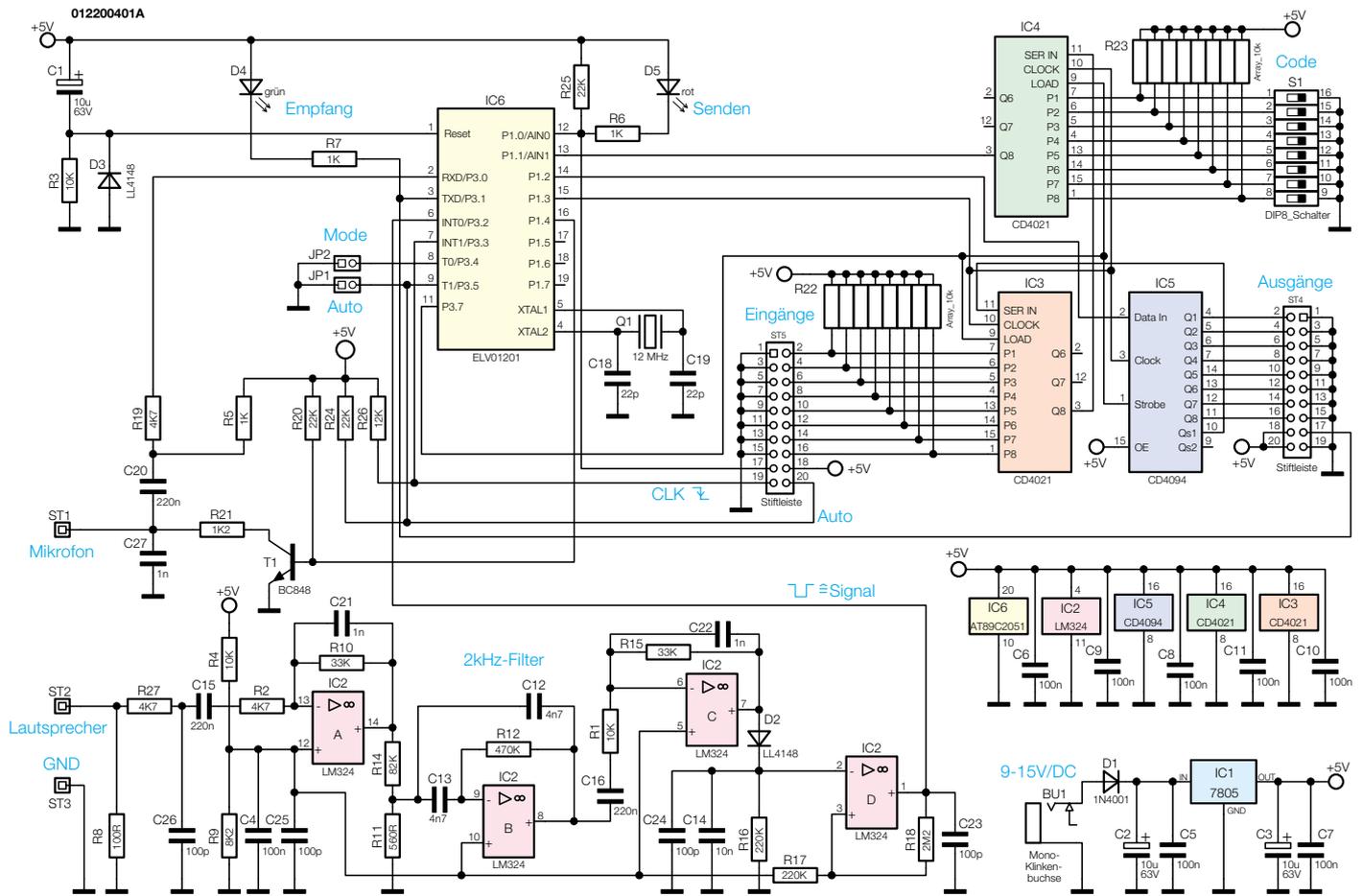
Die Schaltung der LPD-/PMR-Fernschaltung ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Versorgung der Schaltung erfolgt über ein Steckernetzgerät, das an BU 1 angeschlossen wird. Die Diode D 1 vom Typ 1N4001 dient als Verpolungsschutz. Der Spannungsregler IC 1 vom Typ 7805 erzeugt eine stabilisierte 5-V-Betriebsspannung. Das Herzstück der Schaltung bildet der Mikrocontroller IC 6 vom Typ ELV 01201. Es handelt sich hierbei um einen bereits programmierten Mikrocontroller vom Typ AT89C2051, der über einen internen Programm- und Datenspeicher verfügt. Die Bauteile C 1, R 3 und D 3 bilden die Reset-Schaltung, die den Mikrocontroller nach dem Anlegen der Betriebsspannung in einen definierten Anfangszustand versetzen. Die Bauteile Q 1, C 18 und C 19 sind die externen Komponenten für den Oszillator des Mikrocontrollers.

Das Auslesen der 8 Schaltsignale, die Schalterstellungen des DIP-Schalters sowie die Ausgabe der 8 Schaltsignale erfolgt über die Schieberegister IC 4, IC 3 und IC 5. Die Schieberegister IC 3 und IC 4 vom Typ CD 4021 dienen zum Einlesen der 8 Schaltsignale und des Schaltzustandes des DIP-Schalters. Die Eingangspins

werden jeweils im offenen Zustand über ein Widerstandsnetzwerk R 22 und R 23 definiert auf High-Potential gezogen. Durch den DIP-Schalter S 1 oder über die externe Beschaltung der Stiftleiste ST 5 können die einzelnen Pins auf Low-Potential gezogen werden. Zur Ausgabe der 8 Schaltsignale dient das Schieberegister IC 5 vom Typ CD 4094, dessen Ausgangspins auf die Stiftleiste ST 4 geführt sind. Die Schieberegister sind hintereinander angeordnet, sodass die Daten seriell durch die Register geschoben werden können und zur Ansteuerung nur 4 Pins des Mikrocontrollers erforderlich sind.

An Pin 11 des IC 6 wird das Übernahme-signal ausgegeben, das bei einem positiven Impuls die Inhalte des Schieberegisters von IC 5 auf dessen Ausgänge schaltet und die Eingangssignale des IC 3 und IC 4 in die Schieberegister kopiert. Die Daten werden seriell über Pin 14 des IC 6 ausgegeben und seriell über Pin 13 wieder eingelesen. Dabei liefert Pin 15 den Takt, der bei jedem positiven Impuls die Daten um eine Stelle weiterschiebt.

Der Transistor T 1 bildet mit dem Widerstand R 21 die Nachbildung des Mikro-fons, das über ST 1 mit dem Funkgerät verbunden ist. Wird der Transistor vom Mikrocontroller durchgesteuert, so fließt über R 21 ein Strom aus dem Funkgerät heraus, der sonst zur Versorgung des Mikro-fons dient. Der Stromfluss wird vom Funkgerät detektiert. Er schaltet das Gerät in den Sendebetrieb. Die Einkopplung eines NF-Signals erfolgt über den Spannungsteiler R 19 und R 5 in Verbindung mit dem



**Bild 2: Schaltung der LPD-/PMR-Fernschaltung**

Koppelkondensator C 20. Der Mikrocontroller erzeugt jeweils für 15 ms ein 2-kHz-Rechtecksignal, gefolgt von einer 15 ms oder 30 ms langen Pause. Die Länge der Pause bestimmt dabei, ob es sich um eine digitale „0“ (15-ms-Pause) oder „1“ (30-ms-Pause) handelt.

Im Gegenzug wird das NF-Ausgangssignal des Funkgerätes, das zur Ansteuerung eines externen Kopfhörers gedacht ist, auf ST 2 geführt. Hier wird das Signal zuerst über den Kondensator C 15 entkoppelt und über den OP IC 2 A um den Faktor 3,3 verstärkt.

Danach folgt ein Bandpassfilter 2. Ordnung, das die 2-kHz-Signale herausfiltert und mit IC 2 B und Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Danach realisiert der OP IC 2 C wieder eine Verstärkung um den Faktor 3,3.

Die Signale am Ausgang von IC 2 C führen zu einem Strom über die Diode D 2, der den Kondensator C 14 auflädt. Steigt diese Spannung über den Pegel an Pin 3 des IC 2 D, so wechselt dessen Ausgang auf Low-Pegel. IC 2 D ist als Komparator geschaltet und führt am Ausgang Low-Pegel, wenn am Eingang ein NF-Signal anliegt. Die Widerstände R 17 und R 18 sorgen für eine Hysterese. Die einzelnen Verstärkerstufen sind so dimensioniert, dass sie am Eingang ST 2 einen Pegel von 200 bis 500 mV<sub>SS</sub> auswerten. Ist der Pegel

geringer, so können die Signale nicht mehr ausgewertet werden. Ist der Eingangspegel größer, so werden auch Störsignale mit verstärkt, die die Auswertung verhindern können.

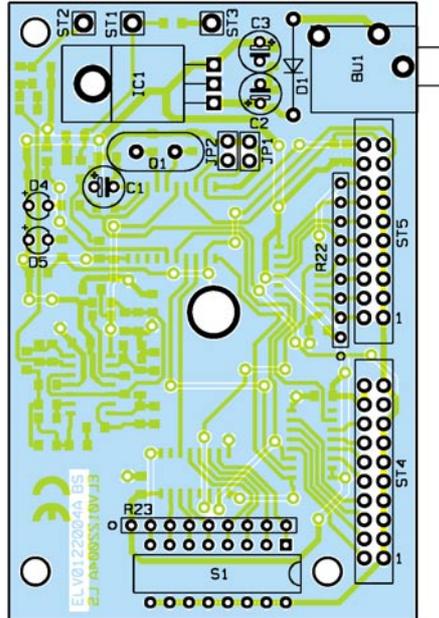
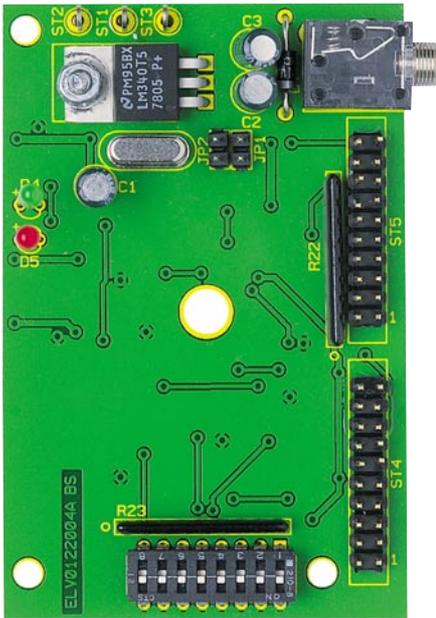
### Nachbau

Die Schaltung ist auf einer doppelseitigen Leiterplatte mit den Abmessungen 81 x 52 mm untergebracht. Da die Schaltung Signale in beide Richtungen übertragen kann, ist sie auch für beide Seiten identisch, sodass der Aufbau für beide Leiterplatten in gleicher Weise erfolgt. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes, wobei zuerst die niedrigen, gefolgt von den höheren Bauteilen bestückt und verlötet werden. Bei den SMD-Bauteilen empfiehlt es sich, zuerst eine Lötfläche zu verzinnen, das Bauteil aufzusetzen und die Positionierung zu überprüfen, bevor die restlichen Pins angelötet werden. Bei den Dioden, ICs, Kondensatoren und den Widerstandsnetzwerken ist auf die richtige Einbaulage zu achten. Die Stellung der DIP-Schalter kann zufällig gewählt werden und ist auf beiden Leiterplatten identisch einzustellen.

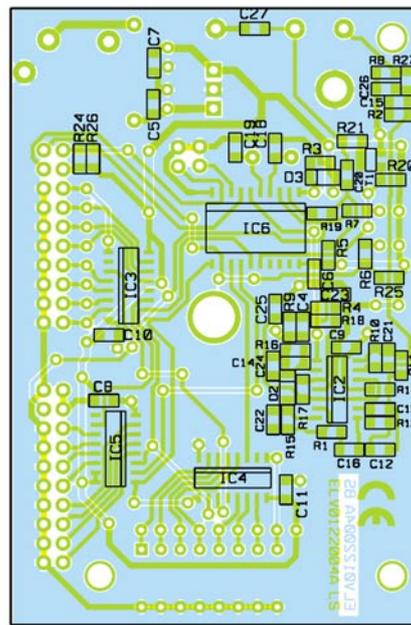
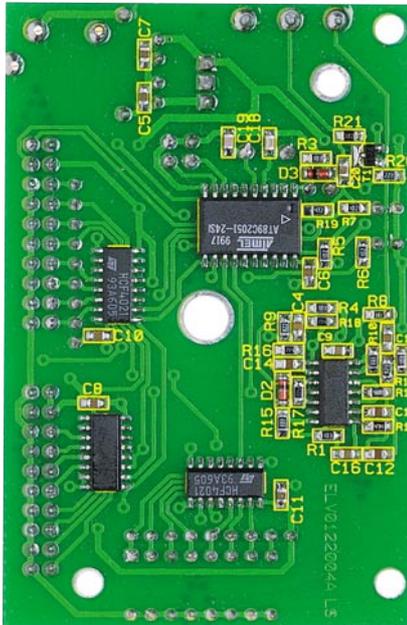
Nachdem alle Bauteile bestückt wurden, kann man nun die Verbindung zu den

Funkgeräten herstellen. Mit dem Bausatz wird ein Kabel mit beidseitig konfektionierten 3,5-mm-Stereo-Klinkensteckern und ein Kabel mit beidseitig konfektionierten 2,5-mm-Stereo-Klinkensteckern geliefert. Diese Leitungen sind jeweils in der Mitte durchzutrennen und jedes Ende auf ca. 2 cm abzuisolieren. Die Abschirmung ist zu verdrehen und zu verzinnen. Ebenso sind die einzelnen Adern auf ca. 3 mm abzuisolieren und ebenfalls zu verzinnen. Die Verbindung zu den Schaltungen ist von den Funkgeräten abhängig und aus Tabelle 1 ersichtlich. Zum Funktionstest sind die Klinkenstecker mit den Funkgeräten zu verbinden und diese einzuschalten. Die Lautstärke ist nach den Richtwerten aus Tabelle 1 vorzuzwählen. Stellen Sie sicher, dass die Funkgeräte auf den gleichen Kanal und CTCSS-Code eingestellt sind.

Dann folgt die Verbindung der Stecker-Netzgeräte mit der ersten Schaltung. Es leuchtet sofort die rote LED auf und ein Sendevorgang wird gestartet, um den aktuellen Schaltzustand zu übertragen. Man muss jetzt sehen können, dass das Funkgerät zu senden beginnt, was üblicherweise durch eine LED oder ein Symbol im Display angezeigt wird. Nach ca. 3 s ist der Sendevorgang abgeschlossen und das Funkgerät beendet das Senden. Da dieses



Ansicht der fertig bestückten Platine der LPD-/PML-Fernschaltung mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite



Gerät noch keine Bestätigung von der Gegenseite erhalten kann, bleibt die rote LED aktiv und der Sendevorgang wird nach 30 bis 65 s wiederholt. Jetzt kann man die zweite Schaltung mit dem Funkgerät verbinden, das ebenfalls sofort zu senden beginnt. Wird dieses Signal von der ersten Schaltung empfangen, so muss hier die grüne LED kurz aufleuchten. Die erste Schaltung sendet daraufhin die Bestätigung, die von der zweiten Schaltung empfangen werden muss, die dieses ebenfalls durch die grüne LED anzeigt. Hat dieses Gerät die Bestätigung erhalten, erlischt die rote LED. Nach einigen Sekunden versucht nun auch das erste Gerät, die Übertragung zu wiederholen, woraufhin das zweite Gerät das Datenpaket empfangen (grüne LED leuchtet kurz auf) und bestäti-

gen (grüne LED des 1. Gerätes leuchtet kurz und rote LED erlischt) muss. Sollte die Übertragung nicht funktionieren, so kann man als Erstes die Verbindung zwischen einer Schaltung und dem Funkgerät trennen. Wird jetzt bei dem anderen Gerät die Übertragung eingeleitet (Pin 19 von ST 5 kurz mit GND verbinden), so muss sich der Empfänger einschalten und im Lautsprecher die Datenübertragung hörbar sein.

Ist dies nicht der Fall, so hat man die Einstellung der Funkgeräte nicht richtig vorgenommen oder es liegt ein Fehler in der Schaltung vor. Die Übertragung kann dann in umgekehrter Weise mit dem anderen Funkgerät überprüft werden. Sind die Übertragungssignale hörbar und es kommt trotzdem nicht zum Ansprechen des Emp-

### Stückliste: Schaltsignalübertragung per LPD/PMR

#### Widerstände:

100Ω/SMD .....	R8
560Ω/SMD .....	R11
1kΩ/SMD .....	R5-R7
1,2kΩ/SMD .....	R21
4,7kΩ/SMD .....	R2, R19, R27
8,2kΩ/SMD .....	R9
10kΩ/SMD .....	R1, R3, R4
12kΩ/SMD .....	R26
22kΩ/SMD .....	R20, R24, R25
33kΩ/SMD .....	R10, R15
82kΩ/SMD .....	R14
220kΩ/SMD .....	R16, R17
470kΩ/SMD .....	R12
2,2MΩ/SMD .....	R18
Array, 10kΩ .....	R22, R23

#### Kondensatoren:

22pF/SMD .....	C18, C19
100pF/SMD .....	C23-C26
1nF/SMD .....	C21, C22, C27
4,7nF/SMD .....	C12, C13
10nF/SMD .....	C14
100nF/SMD .....	C4-C11
220nF/SMD .....	C15, C16, C20
10µF/63V .....	C1-C3

#### Halbleiter:

7805 .....	IC1
LM324/SMD .....	IC2
CD4021/SMD .....	IC3, IC4
CD4094/SMD .....	IC5
ELV01201/SMD .....	IC6
BC848 .....	T1
1N4001 .....	D1
LL4148 .....	D2, D3
LED, 3 mm, grün .....	D4
LED, 3 mm, rot .....	D5

#### Sonstiges:

Quarz, 12 MHz .....	Q1
Lötstifte mit Lötöse .....	ST1-ST3
Klinkenbuchse, 3,5 mm, mono, print .....	BU1
Mini-DIP-Schalter, 8-polig, liegend .....	S1
Stiftleiste, 2 x 10-polig .....	ST4, ST5
Stiftleiste, 1 x 2-polig .....	JP1, JP2
2 Jumper	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	

fängers, sollte der Ausgangspegel der Funkgeräte überprüft werden.

Hierbei ist ein Oszilloskop hilfreich, mit dem das Signal zwischen ST 2 und ST 3 aufgezeichnet wird. Während einer Übertragung müssen hier die 2-kHz-Impulse erscheinen, dessen Pegel mit dem Lautstärkereglern am Funkgerät auf ca. 300 mV<sub>VSS</sub> einzustellen ist. **ELV**