

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

**Mitunter kommt der Wunsch auf, die Antenne auch von einem zweiten Ort des Domizils beliebig drehen zu können. Der nachstehende Beitrag beschreibt eine ausgeführte Lösung, die sich über Jahre gut bewährt hat.**

Idee:

Mein Shack mit dem Antennenrotor- Bediengerät befindet sich im Dachgeschoß, einen Gutteil der Freizeit verbringe ich aber im Bastelkeller, wo eine Zweitstation zur Verfügung steht. Die Empfangslage ist nicht schlecht und ein RG213-Kabel ist schon seit langem bis in den Keller verlegt. Allerdings verlangt die 9-Element-Yagi eine halbwegs genaue Ausrichtung und so war ich oft zwischen Bastelkeller und Shack unterwegs, wenn z.B. bei einem etwas weiter entfernten PR-Relais der Datenverkehr mitgelesen werden sollte.

Anläßlich der Inbetriebnahme einer AMSAT-DL- Nachführung für unsere OG war es dann soweit: Genug des Stiegenlaufens, jetzt muß eine komfortable Fernsteuerung für das serienmäßige Bediengerät her!

Anforderungen:

- Einfache Möglichkeit der manuellen Positionierung, ohne den Rechner einschalten zu müssen
- Vorgabe der gewünschten Richtung mittels Potentiometer, automatischer Nachlauf in die eingestellte Richtung wahlweise für Azimut oder Elevation ohne Rechner
- Digitale Anzeige der Antennenposition in Winkelgraden am Fernsteuergerät getrennt für Azimut und Elevation
- Rechnergesteuerte Nachführung der Antenne in Azimut und Elevation
- Abgesetzter Betrieb über fast beliebig lange standardmäßige Telefon-Schlauchleitung
- Verwendung handelsüblicher Bediengeräte und Rotoren mit möglichst wenig Änderungsaufwand
- Automatische Betätigung der Bremse bei Rotoren, die zu diesem Zweck ein Solenoid eingebaut haben
- Ferngesteuertes Ein- und Ausschalten der 230 V-Versorgung des Original- Bediengerätes im entfernten Shack
- Das Bediengerät im Shack soll unverändert bedienbar bleiben

Ausgangsbasis:

Als Azimut-Antennenrotor habe ich den vorhandenen KR400 verwendet, der Elevationsrotor wird bei Gelegenheit nachgerüstet. Im Prinzip ist so gut wie jeder Rotor mit seinem Bediengerät verwendbar, der Aufwand für die Anpassung mag allerdings unterschiedlich sein.

Die Schaltung der rechnergesteuerten Nachführung entspricht im wesentlichen einem Vorschlag von AMSAT DL [1]

Als Software eignet sich jedes Programm, das die parallele Schnittstelle nach AMSAT-DL verwendet. Die Anforderungen an eine komfortable Antennen-Nachführung werden auch ohne Windows-Funktionen erfüllt, was den Einsatz alter Rechner unter DOS möglich macht. Für Windows-Anhänger gibt es ebenfalls entsprechende Programme.

Ergebnis:

Jetzt komme ich eher selten in mein Shack, weil sich die Antenne vom Keller aus sehr zufriedenstellend fernbedienen läßt. Die Kosten für das Projekt habe ich nicht kalkuliert, schätze sie aber als moderat ein (wohl auch deshalb, weil die meisten Bauteile in der Bastelkiste vorrätig waren).

Es geht heutzutage auch noch ohne Prozessorsteuerung, allerdings ist der Abgleich sorgfältig durchzuführen. Der Lohn für die Mühe ist eine auf ein paar Winkelgrade genaue Anzeige (die man so genau auf 2m und 70cm eigentlich kaum braucht).

Details:

**Wichtig: Der Potentiometerstromkreis im Rotor muß unbedingt vom Motorstromkreis getrennt sein!!!**

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

## 1. Umbau des KR400-Bediengerätes

Die Relaisplatine habe ich seitlich auf dem Gehäuseboden mit einem Alu-Fußwinkel und 2 Schrauben befestigt. Die 6-polige DIN-Buchse ist an der Gehäuserückseite eingebaut.

Der Umbau einer anderen Type von Bediengerät sollte ebenso möglich sein, weil außer der kleinen Relais-Platine und der DIN-Buchse keine weiteren Einbauten erforderlich sind. Der Platz hierfür läßt sich wahrscheinlich überall finden. Hat der Rotor eine Bremse, bei der ein Hubmagnet (Solenoid) extra anzusteuern ist, dann ist der Kontakt von Relais K4 der Bremsen-Betätigungstaste parallel zu schalten (sinngemäß wie bei den Richtungstasten).

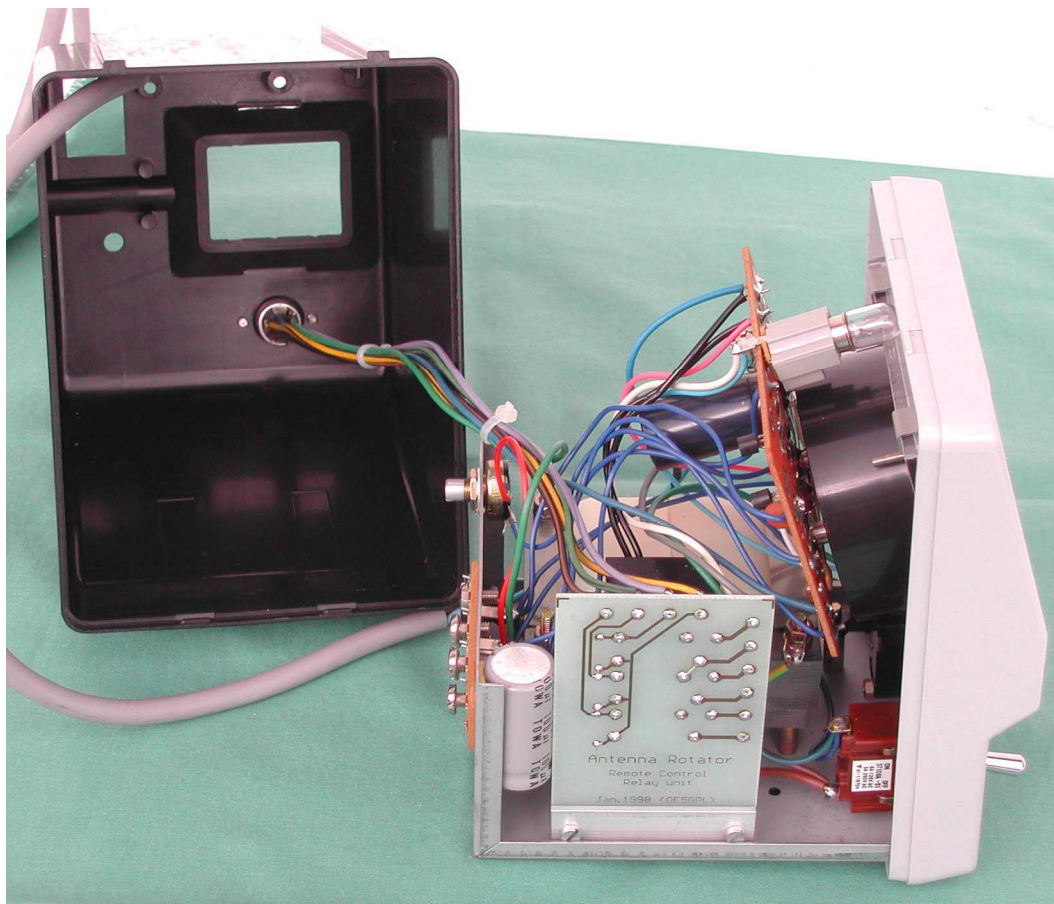


Abb. 1: Ein umgebautes Bediengerät mit Prototyp-Relaisplatine

## 2. Fernsteuergerät

Das fertige Gerät hat Gehäuseabmessungen von ca. 16 x 19 x 6 cm (B x T x H), ist also sehr handlich. Auf der Vorderseite sind die Bedienelemente und Anzeiger, auf der Rückseite die Buchsen für 230 V, 2x DIN für Steuerkabel zu den Rotorsteuerungen, 2 kleine Schiebeschalter für die gewünschte Betriebsart und eine Sub-D Buchse für den Steuerrechner-Anschluß.

### 2.1 Funktionsgruppen

Die Hauptplatine enthält folgende Funktionen:

- Netzteil (+5 V stabilisiert, -5 V stabilisiert, +24 V unstabilisiert). Die Elektronik könnte auch mit etwas höheren Spannungen als 5 V betrieben werden, dann ist aber für 5-V-Digitalanzeiger eine zusätzliche Stabilisierung mittels eines Low-Drop-Reglers erforderlich, der ansonsten überbrückt wird.
- Anzeigeverstärker für Azimut und Elevation
- Impulsformer für Rechnersignal
- D/A Wandler
- Relaisreiber für Azimut und Elevation

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

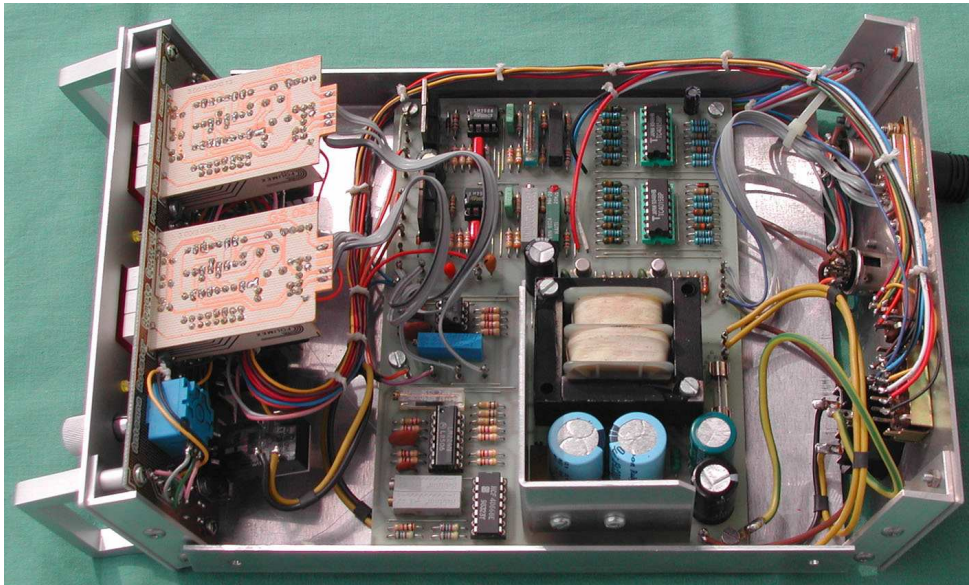


Abb. 2: Innenansicht des zerlegten Prototyps

Die Frontplatte dient in der Hauptsache als Träger für die Digitalanzeigen, LEDs und Bedienelemente.

Die Relaisplatine schaltet die 230 V-Versorgung des Bediengerätes sowie den Motor- und Bremsenstrom des Rotors und ist deswegen im Gehäuse des Bediengerätes untergebracht.

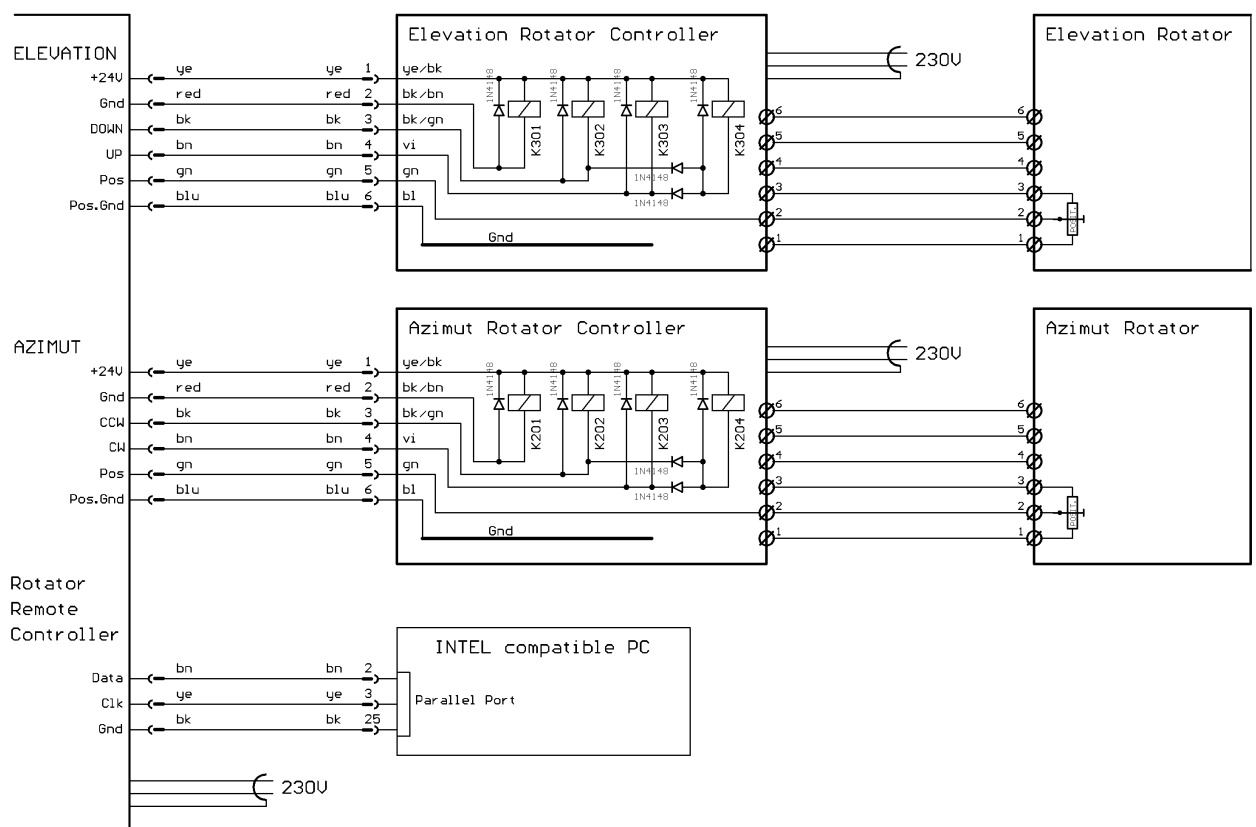


Abb. 3: Blockschaltbild der Anlage

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Modifications at Rotator Controller shown in **BOLD** apply to both Azimut and Elevation Rotator!

Below section is valid for both  
Azimut and Elevation Rotator!

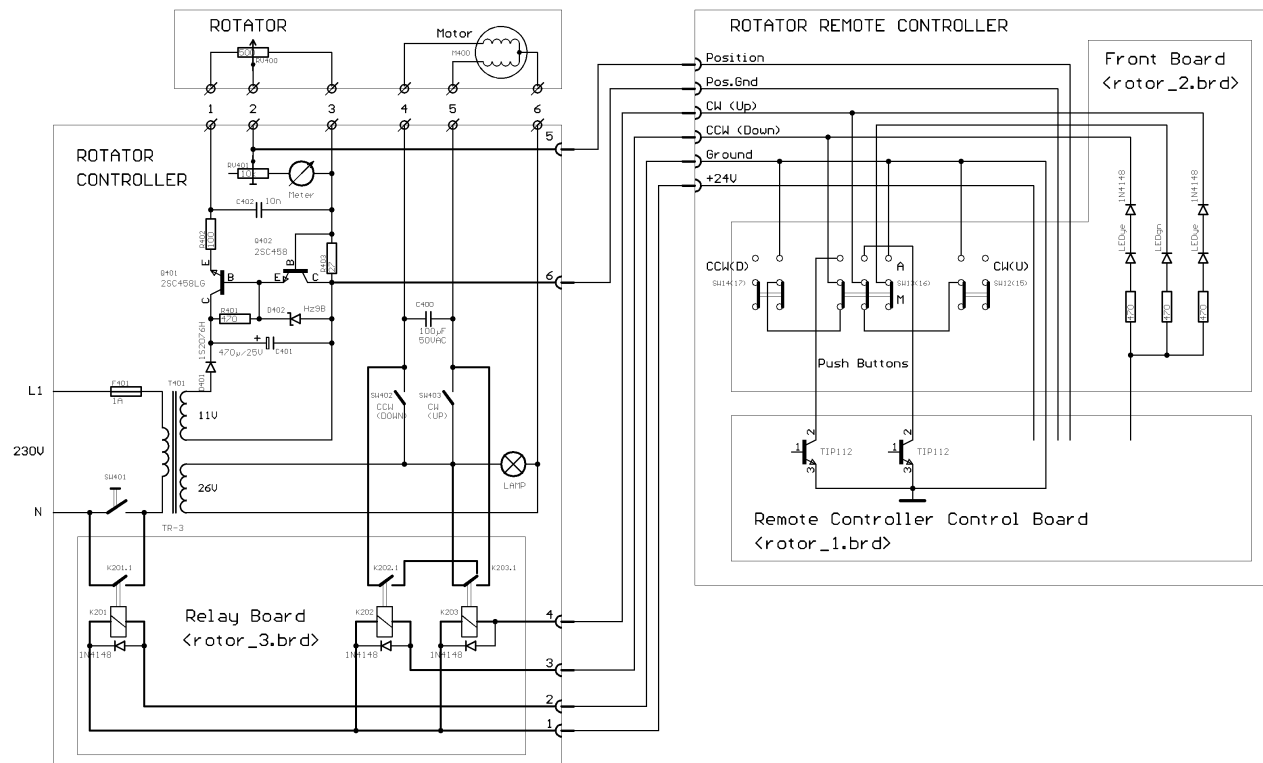


Abb. 4: Zusammenschaltung von Bediengerät und Fernsteuergerät

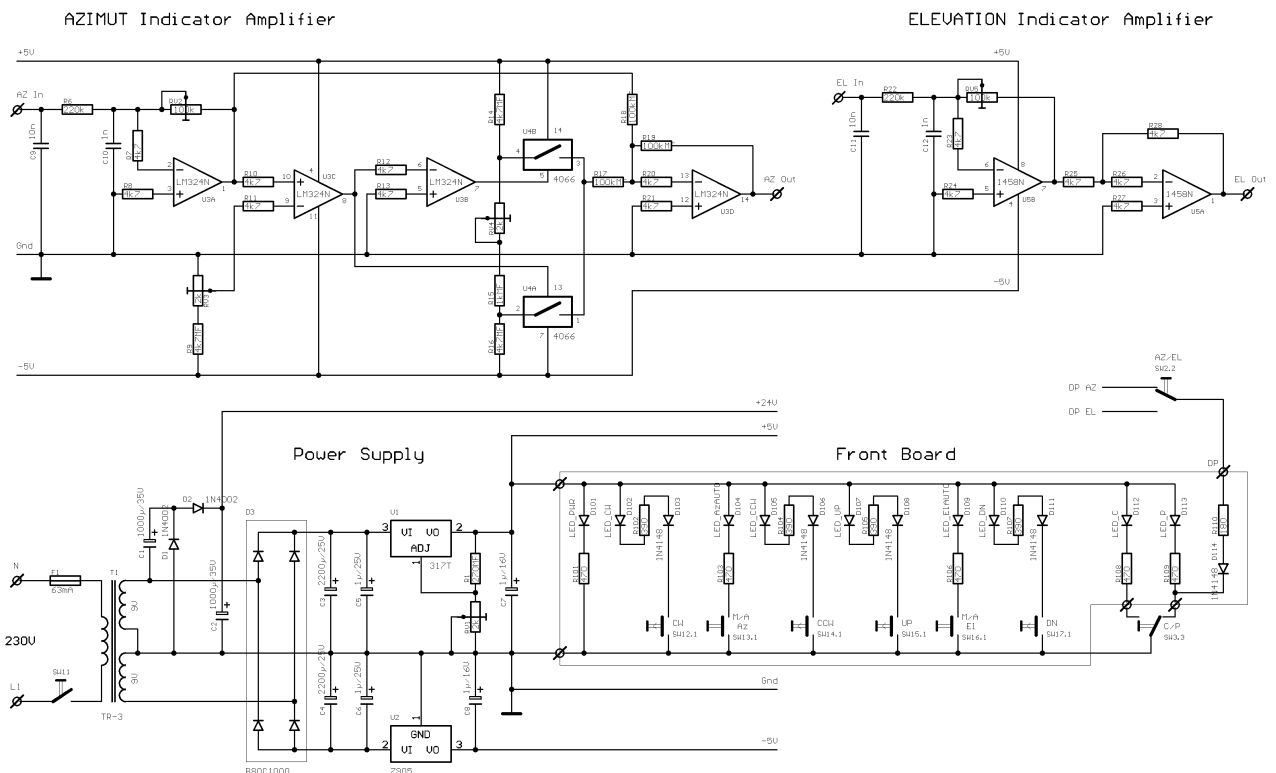


Abb. 5: Schaltbild von Netzteil und Anzeigeverstärkern

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

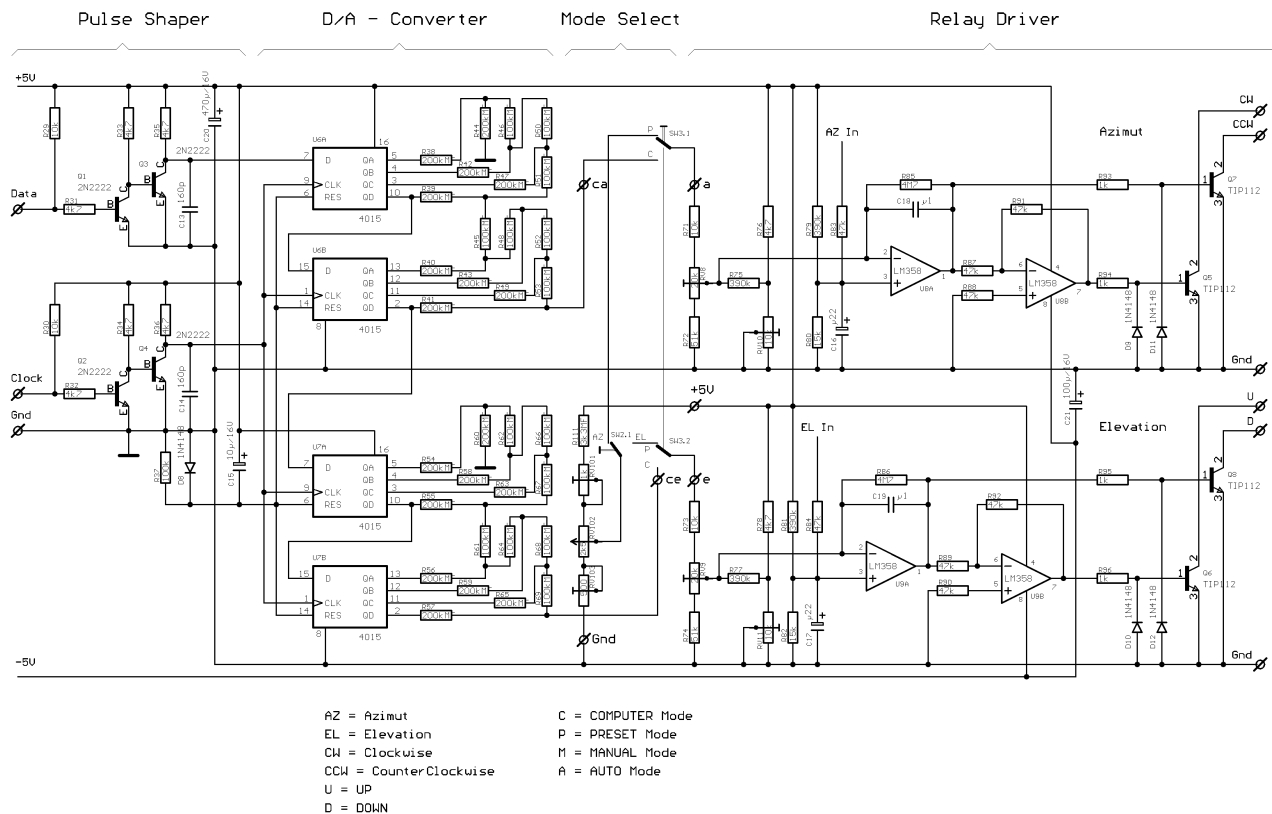


Abb. 6: Impulsformer, DA-Wandler und Relaisreiber

## 2.2 Anzeiger

Im Mustergerät sind selbstgebaute 3-stellige Anzeiger auf Basis der RCA-ICs CA3161/CA3162 mit 7 mm großen Siebensegment-LEDs eingesetzt, die sehr kompakte Frontabmessungen ermöglichen. Die Einstellung auf den richtigen Meßbereich ist im Abschnitt 'Abgleich' beschrieben.

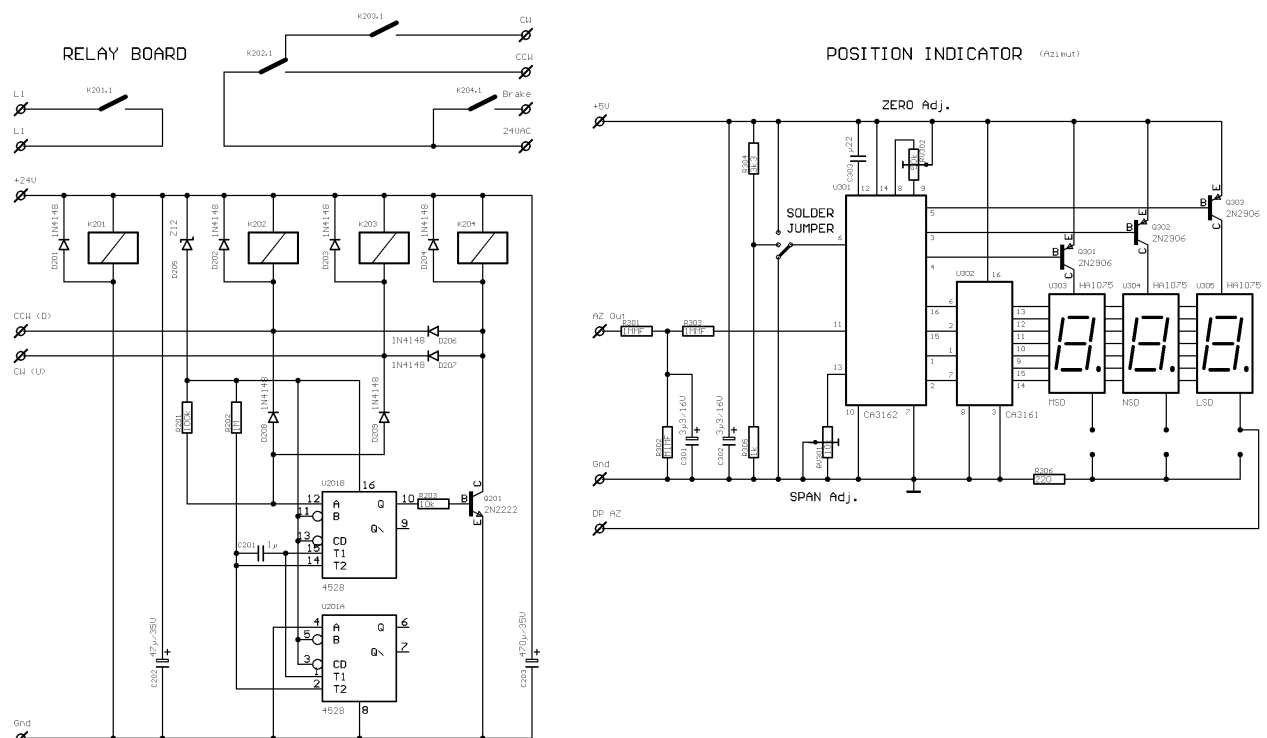


Abb. 7: Schaltbild von Relaisplatine und Anzeigern

## Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Die Signalisierung des eingestellten Betriebszustandes erfolgt mit LEDs: D112 zeigt den Computer-Modus an, D113 neben dem Poti zur Richtungsvorgabe den Vorwahl-Modus. Ob im Vorwahl-Modus Azimut oder Elevation gewählt ist, läßt sich durch den Einer-Dezimalpunkt des entsprechenden Anzeigers signalisieren.

Die im Original-Bediengerät einzubauende Relaisplatine enthält neben 4 Relais eine Schaltung zur Abfallverzögerung des Bremsmagneten mit zugehöriger Logik.

## 2.3 Verbindung zum Rotor-Bediengerät

Pro Bediengerät genügt ein 6-poliger Telefon-Schlauchdraht, weil darin lediglich der Spulenstrom der 24V-Relais und die Anzeigespannung vom Rotor-Potentiometer geführt wird. Der weitaus größere Strom des Motors geht ausschließlich über die Relaiskontakte im Bediengerät und belastet somit nicht die Steuerleitung. Mit dem Einschalten des Fernsteuergerätes erhält auch das Netzrelais im Bediengerät die 24 V-Spannung und zieht an. 24 V wurden des kleineren Stromes wegen gewählt.

## 2.4 Verbindung zum Steuerrechner

Hier ist ein Kabel anzufertigen, das allerdings nur 3 Adern für Masse, Clock und Data benötigt. Die Daten werden seriell übertragen, genaueres dazu ist in [1] nachzulesen. Auf eine Potentialtrennung zwischen Rechner und dem Fernsteuergerät habe ich verzichtet und bis jetzt keine Nachteile festgestellt.

Bei der Inbetriebnahme ist die Überprüfung der Signalfanken mittels Oszilloskop zu empfehlen; eine allfällige Korrektur wird durch Änderung der Kapazität der Kondensatoren im Impulsformer erreicht.

## Bestückungspläne und Leiterplatten-Layout

Es werden ausschließlich einseitige Leiterplatten mit herkömmlichen Bauteilen verwendet, um den Nachbau zu erleichtern. Wegen der gedrängten Bauteilanordnung ist eine Anzahl von Brücken auf der Bauteilseite unumgänglich.

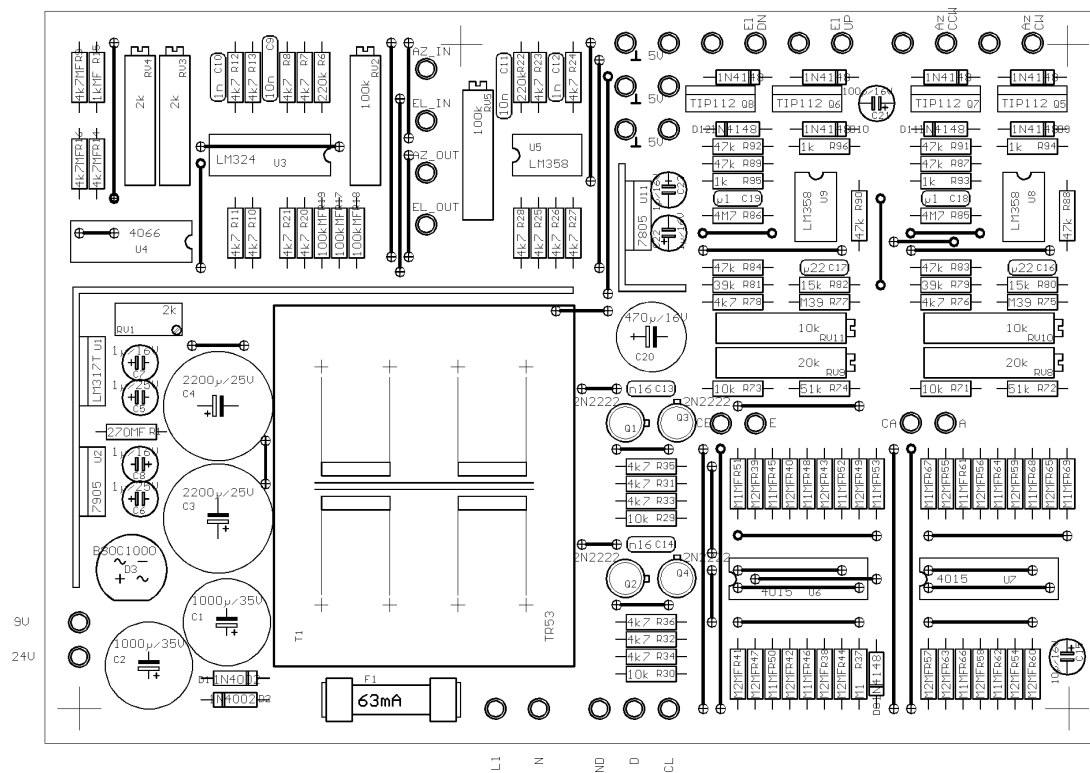


Abb. 8: Bestückungsplan der Hauptplatine (nicht maßstäblich)

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL



# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

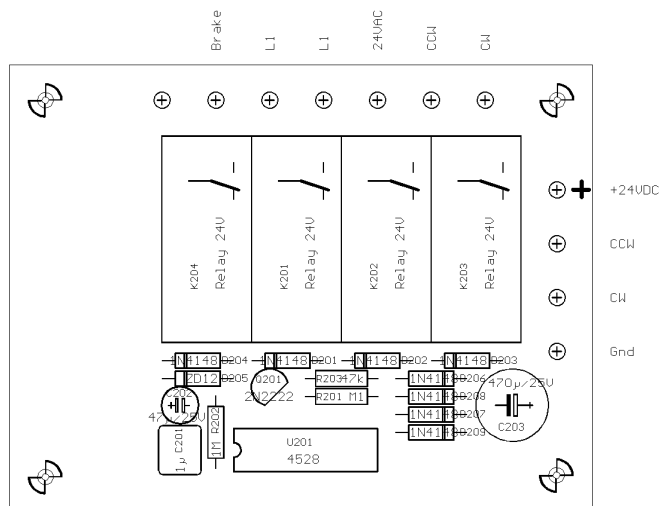


Abb. 12: Bestückungsplan der Relaisplatine (nicht maßstäblich)

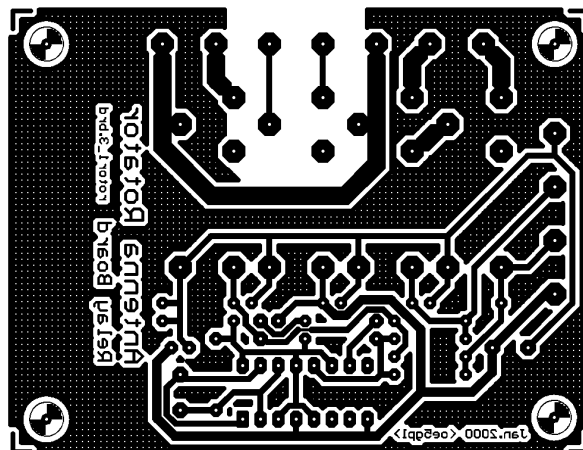


Abb. 13: Layout der Relaisplatine (nicht maßstäblich)

## Abgleich

### Funktion des Azimut-Anzeigeverstärkers:

Der Abgleich der Azimut-Anzeige ist ein wenig umständlich, weil normalerweise die Endpunkte des Rotor-Drehbereiches im Süden liegen, der Nullpunkt der Grad-Anzeige aber im Norden. Das hat zur Folge, daß Null Volt vom Potentiometer 180 Grad auf der Anzeige entsprechen sollen (Linksanschlag im Süden), bei der Hälfte der Potentiometerspannung die Anzeige von 360 Grad auf 0 Grad springen muß (Norden) und bei der vollen Potentiometerspannung die Anzeige wiederum 180 Grad sein soll (Rechtsanschlag, wieder Süden).

Realisiert ist die Schaltung mit Operationsverstärkern, einem Analogschalter und ein paar Widerständen in der Weise, daß im Bereich von 180 bis 360 Grad ein Wert von der Hälfte der maximalen Anzeigespannung zur momentanen Anzeigespannung addiert wird und im Bereich von 0 bis 180 Grad der gleiche Wert subtrahiert wird. Es ist einleuchtend, daß die Umschaltung genau bei der Hälfte des Potentiometerspannung erfolgen muß, damit man den gewünschten Effekt erreicht. Der Schaltungspunkt ist deshalb von der Potentiometerspannung abgeleitet.

### Erforderliche Geräte:

- Stabilisiertes regelbares Netzgerät
- Digitales Multimeter, wenn möglich 4½-stellig
- Oszilloskop
- Verbindungskabel vom Fernsteuergerät zum Rechner
- Rechner mit lauffähigem Bahnverfolgungs-Programm

### Vorgangsweise:

#### Digitalanzeiger für Azimut:

Meßeingang kurzschließen und mit dem Nullpunktgleich die Anzeige auf 000 stellen. Anschließend vom Netzteil 2,000 V in den Meßeingang der Anzeige einspeisen und mit dem Meßbereichspoti auf den Anzeigewert justieren, der dem maximalen Drehwinkel des Rotors entspricht (bei Azimut-Rotoren zumeist etwa 370 Grad, bei manchen Typen aber auch wesentlich mehr).

Der Bereich eines Elevations-Anzeigers wird sinngemäß justiert.

#### Anzeigeverstärker:

Platine mit Spannung versorgen und Rotor im Tippbetrieb im Uhrzeigersinn vorsichtig bis zum mechanischen Anschlag drehen (maximale Potentiometerspannung). Ausgangsspannung an Pin 1 von U3A mit RV2 auf -2,1 V stellen.

Anschließend Rotor im Tippbetrieb entgegen Uhrzeigersinn vorsichtig bis zum mechanischen Anschlag



# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

drehen (minimale Potentiometerspannung). Ausgangsspannung an Pin 1 von U3A messen und notieren. Wegen des Spannungsabfalls auf der Leitung zum Rotor ist die Spannung ungleich Null V (je nach Steuerkabel etwa  $-0,1$  V). Nochmals in die Endstellung im Uhrzeigersinn fahren und mit RV2 an Pin 1 von U3A die Spannung auf den notierten Wert minus  $2,000$  V einstellen (etwa  $-2,1$  V).

## Umschaltung:

Mit RV3 Spannung an Pin 9 von U3 (LM324) auf notierten Wert minus  $1,000$  V einstellen (etwa  $-1,1$  V). Mit RV1 Spannung im Netzteil so nachstellen, daß die Spannungen an den Pins 4 und 2 von U4 genau symmetrisch zum Nullpunkt sind.

Spannung mit RV4 an Pin 2 von U4 auf  $-1,000$  V einstellen. Die Spannung an Pin 4 von U4 muß jetzt  $+1,000$  V betragen. Korrekturen der Unsymmetrie sind mit RV1 möglich, wobei die Spannung zwischen den Pins 4 und 2 von U4 auf  $2,000$  V zu halten ist.

Zum Schluß den Rotor im Tipfbetrieb so positionieren, daß die Spannung an Pin 1 von U3A den notierten Wert minus  $1,000$  V beträgt (etwa  $-1,1$  V). Dies ist der Umschaltunkt, wo die Anzeige von 360 auf 0 wechseln soll. Mit dem Nullpunktabgleich des Anzeigers stellt man nun diesen Wert ein (360 oder 0, je nach momentaner Lage des Schaltpunktes). Die Einstellung des Meßbereiches darf dabei nicht mehr verändert werden.

## Impulsformer:

Mit Oszilloskop am Kollektor von Q4 kontrollieren, ob die Rechner -Impulse der parallelen Schnittstelle noch einigermaßen Rechteckform haben. Notfalls Kondensatoren C13 und C14 ändern.

## Relaistreiber:

Wahlschalter in Computer-Modus bringen, Programm starten und den Wert für Rotor-Linksanschlag vorgeben; kontrollieren, ob der Rotor nahe der linken Endlage steht und RV10 so justieren, daß der Rotor knapp vor dem mechanischen Anschlag stehen bleibt. Die Ausgangsspannung des D/A-Wandlers am Punkt „a“ des Schalters SW3 messen und notieren.

Anschließend den Wert für Rotor-Rechtsanschlag vorgeben; kontrollieren, ob der Rotor nahe der rechten Endlage steht und RV8 so einstellen, daß der Rotor wieder knapp vor dem mechanischen Anschlag stehen bleibt. Auch diesmal die Ausgangsspannung des D/A-Wandlers am Punkt „a“ des Schalters SW3 messen und notieren. Zur Sicherheit nochmals den Wert für Linksanschlag und dann für Rechtsanschlag vorgeben und, falls erforderlich, nachgleichen.

Das entsprechende Motorrelais muß dabei in der jeweiligen Endposition unbedingt abfallen (Kollektorspannung der TIP112 prüfen!). Sollte der Motor in der gewählten Position einige Male oder gar dauernd hin- und herlaufen, so ist die Verstärkung von U8A zu reduzieren (R85 verkleinern).

Bei richtigem Abgleich wird die Anzeige im manuellen Betrieb bei Linksanschlag etwas unter 180 und bei Rechtsanschlag etwas über 180 Grad entsprechend dem tatsächlichen Drehbereich ausweisen. Im Normalbetrieb soll der Rotor nie die mechanischen Endlagen erreichen.

Der Abgleich eines Elevationsrotors erfolgt sinngemäß.

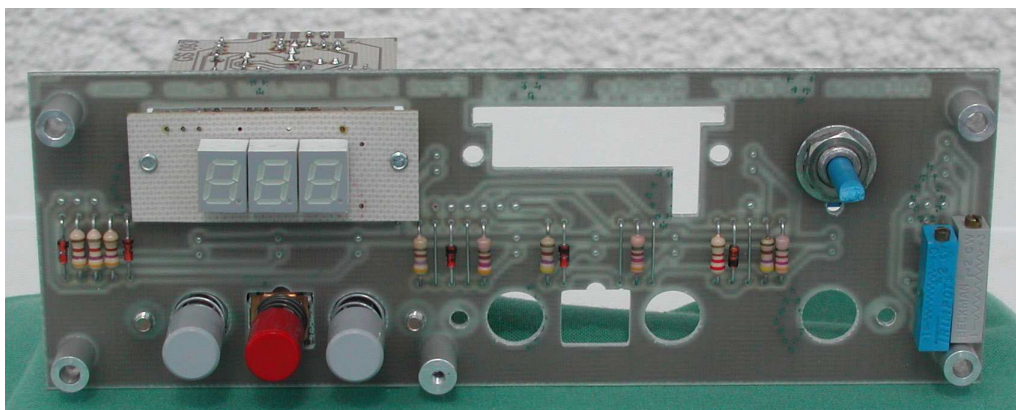


Abb. 14: Teilbestückte Frontplatine

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Potentiometer zur Richtungs-Vorgabe:

Die mit RV102 vorgebbare Spannung soll in genau demselben Bereich einstellbar sein wie die Spannung aus dem DA-Wandler. Dazu stellt man im Vorwahl-Modus RV101 und RV103 so ein, daß sich in den Endstellungen von RV102 am Punkt „a“ genau dieselben Spannungen ergeben wie im Computer-Modus. Weil sich RV101 und RV103 gegenseitig beeinflussen, erfordert diese Prozedur mehrere Durchgänge.

Nach dem erfolgten Abgleich ist noch die richtige Funktion zu prüfen, indem mit RV102 die Werte für die Endpositionen vorgegeben werden. Der Anzeigebereich sollte in allen 3 Betriebsarten nun der gleiche sein.

*Eventuell notwendige Änderungen:*

Liefert das Rotorpotentiometer eine wesentlich andere Spannung als ca. 6 V, sind die Widerstände am Pin 3 von U8 bzw. U9 im Relaisstreiber entsprechend zu ändern, damit der Abgleich möglich wird.

Will man aus irgend einem Grund höhere Spannungen als +/- 5V verwenden, dann ist ein zusätzlicher 5 V-Regler für die Anzeiger einzubauen; die Leiterplatte ist dafür bereits vorbereitet. Auf die an den Spannungsreglern auftretende Verlustleistung ist zu achten.

Bei Verwendung anderer LED-Panelmeter ist der Leistungsbedarf der Anzeiger zu prüfen, um eine Überlastung des Netzteils zu vermeiden (Trafo könnte zu warm werden oder die Spannung ist wegen zu großer Belastung nicht mehr stabil).

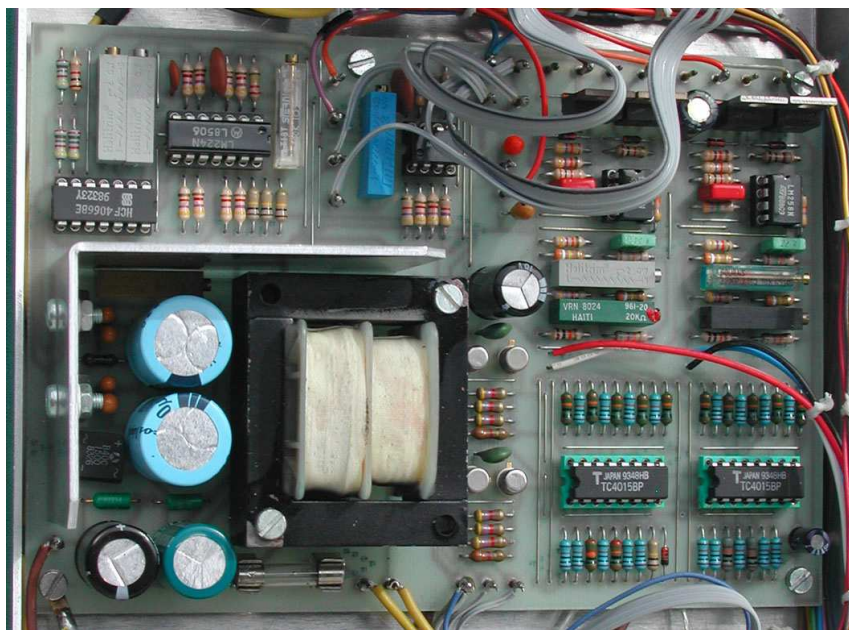


Abb. 15: Fertige Hauptplatine des Prototyps

Spezielle Bauteile:

Transformator	ERA Flachtransformator, L * B = 53 * 44 mm; CONRAD Nr. 50 70 24-77
RV1	Spindeltrimmer stehend mit obenliegender Abgleichschraube
RV2 – RV5, RV8 – RV11	
RV101, RV103	Standard-Spindeltrimmer liegend
RV102	CERMET Poti oder Drahtpoti (wegen der Linearität anzuraten), kleine Bauform
Anzeiger	Selbst gebaut, Type LedPanel2
Kühlblech	2mm Alu, abgewinkelt, ca. 45 * 115 mm. Beim Einbau darauf achten, daß das Kühlblech keine Bauteile und Brücken ungewollt berührt
Tastenaggregate	SCHADOW; die mittleren Tasten sind Wiederholtasten, die äußeren sind lediglich Taster
Relais	24 V-Kartenrelais stehend, 8 A, 1 * UK (FINDER, SCHRACK o.ä.)

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

## Erkenntnisse:

Hat der Rotor keine Endschalter und geht man nicht äußerst umsichtig an den Abgleich heran, kann es leicht vorkommen, daß der Motor beim Testen unabsichtlich in einer Endlage blockiert und durch Übertemperatur beschädigt wird.

Übersteht er diese Phase, stirbt er womöglich später, wenn einmal ein Fehler auftritt und er unbemerkt für längere Zeit eine mechanische Endlage anfährt. Man sollte also in den Antennenrotor Mikroschalter zur zwangsweisen Abschaltung in den Endlagen einbauen, sofern diese nicht schon vorhanden sind. Dies ist zwar umständlich und erfordert handwerkliches Geschick, aber gerade darin zeichnen sich die meisten Funkamateure ja aus.

Nicht vergessen: Der Phasenschieber-Kondensator ist dann im Rotor einzubauen und liegt direkt an den Enden der Motorwicklung!

Die generelle Verwendung von Metallfilmwiderständen erscheint nicht notwendig, obwohl damit vielleicht ein späterer Nachgleich des Umschaltpunktes hinfällig wird. An der prinzipiellen Genauigkeit der Anzeige wird das nicht viel ändern, denn sie ist in erster Linie von der Linearität des Potentiometers im Rotor abhängig und die ist nicht immer bekannt und zu verbessern ist sie auch nicht.

Als Abgleichelemente sollen unbedingt Spindeltrimmer verwendet werden und keine normalen Trimmer. Man kommt sonst wegen der erforderlichen Genauigkeit nicht mit dem Abgleich zurecht.

Als Steuerrechner ist auch noch ein 386er einsetzbar. Ein 286er ist eine Notlösung, weil der Bildaufbau der Weltkarte zu lange dauert; es funktioniert prinzipiell aber ebenso.

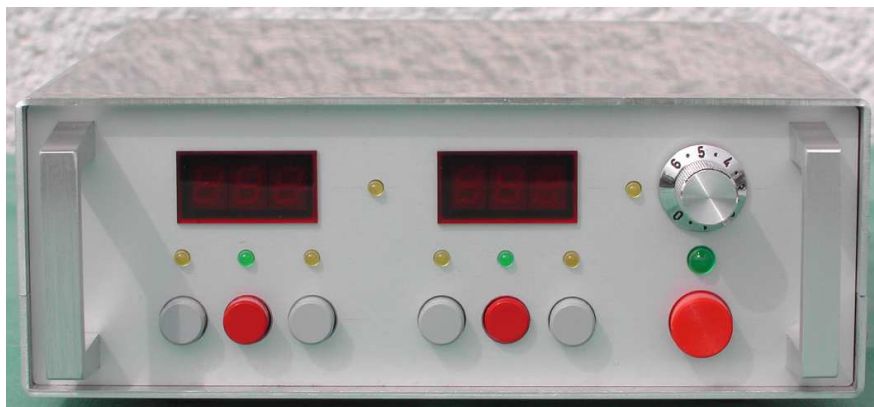


Abb. 16: Frontansicht des Fernsteuergerätes

## Dateien:

Alle Unterlagen (Schaltplan, Bestückungsplan, Leiterplatten-Layout, Vergleichsmaßstab, Original-Artikel aus AMSAT-DL) sind in der gepackten Datei ‚rotor01.zip‘ enthalten. Die kann von der Internet-Seite des Oberösterreichischen Amateurfunkverbandes im Unterverzeichnis TECHNIK heruntergeladen werden [2].

Das im Archiv ‚kalibr.zip‘ enthaltene DOS-Programm ‚rotor99.exe‘ ist ein praktisches Hilfsmittel zur Vorgabe von Antennenpositionen über die Rechnerschnittstelle. Es ist auch von der AMSAT-DL-Internetseite herunterladbar [3].

Der Schaltplan ist im ‚.pdf‘-Format auf A4 zu drucken und dann auch gut leserlich, das Platinenlayout hat zwecks Anpassung an den jeweiligen Drucker das POSTSCRIPT-Format. Wie man mit ‚.ps‘-Dateien verfährt, ist im Verzeichnis „Werkstatt-Tipps“ unter „Platinenentwurf“ nachzulesen. Wegen der stellenweise geringen Leiterbahnabstände muß man zur Herstellung der Vorlage unbedingt mit 600 DPI drucken.

## Zusammenfassung:

Der abgesetzte Antennenkontroller ist mittlerweile seit mehr als 3 Jahren im Einsatz und hat mir schon sehr viele Höhenmeter erspart. Die Zweitstation im Bastelkeller ist nun noch öfter eingeschaltet, weil die Antenneneinstellung keine Mühe mehr macht.

Weil das Fernsteuergerät alle Funktionen der üblichen Bediengeräte hat, kann es ein solches auch völlig ersetzen, sofern man die Relais zum Schalten der großen Spannungen und Ströme und den

# Fernsteuerung für den Antennenrotor

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Motortransformator mit einbaut. Wegen des Transformator-Magnetfeldes ist dann auf zweckmäßige Anordnung und Verdrahtung zu achten, denn sonst werden wegen Einstreuungen in Anzeigeverstärker und Verdrahtung die Antennenpositionen unter Umständen nicht stabil angezeigt.

Dieser Beitrag ist als Anregung gedacht und ist keine detaillierte Baubeschreibung, obwohl sämtliche Unterlagen des ausgeführten Prototyps verfügbar sind.

Wir haben nicht die Absicht, Leiterplatten für das Gerät zum Kauf anzubieten; Nachbauwillige sind daher auf Selbsterstellung angewiesen. Die Verwendung der Unterlagen ist frei für Funkamateure, eine gewerbliche Nutzung ist nicht gestattet.

## Achtung, wichtiger Sicherheitshinweis:

Es handelt sich hier um ein Gerät, das mit Netzspannung betrieben wird. Daher ist die Beachtung aller Vorschriften zur Einhaltung der elektrischen Sicherheit oberstes Gebot! Alle spannungsführenden Bauteile sind in einem entsprechenden Gehäuse unterzubringen und der notwendigen Berührungsschutz ist zu gewährleisten!

Vy 73

Helmut, OE5GPL

## Literatur, Internetadressen:

- [1] Hocke, J., Dr., DK1HB: ROTOR-Interface; Automatische Bahnverfolgung mit ATARI 800XL
- [2] Oberösterreichischer Amateurfunkverband: <http://www.oe5.oevsv.at/>
- [3] AMSAT-DL: <http://amsat-dl.org/>