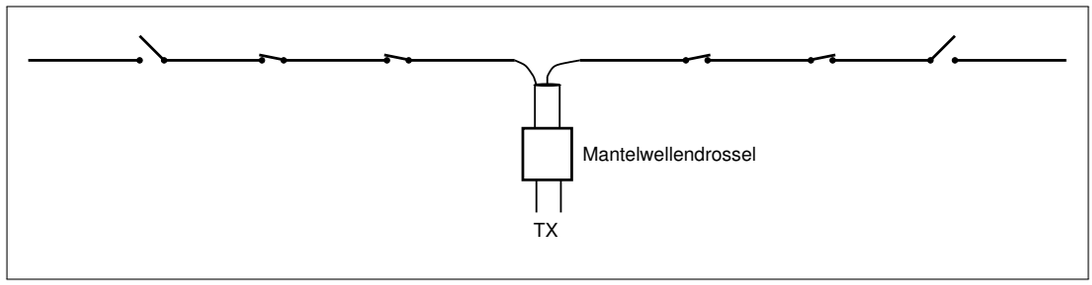
Ein einfacher umschaltbarer Mehrbanddipol[1]

Volker Aurich DK3PK

Es wird ein Drahtdipol beschrieben, der sich ohne aufwendige Technik und Mikroprozessoren durch Relais auf mehreren Frequenzbänder resonant schalten lässt.

Um einen Dipol auf mehreren Bändern resonant zu bekommen, kann man Sperrkreise einbauen, die für die jeweilige Frequenz die aktive Länge begrenzen. Es wurde auch immmer wieder vorgeschlagen, stattdessen Relais einzusetzen. Das Problem dabei ist, wie die Relais mit Spannung versorgt werden bzw. wie Steuerimpulse übetragen werden.



Prinzip

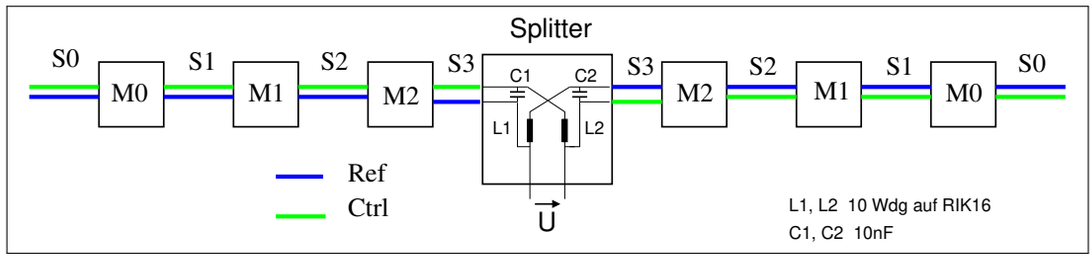
In dem kürzlich erschienenen Artikel [1] werden die Relais über WLAN gesteuert; die Spannungsversorgung erfolgt über Akkus in jedem Relaismodul, was nicht wirklich praktisch ist. Anders gelöst wurde das Problem 2008 in [2]. Dort wird als Antennendraht eine Zwillingsleitung genommen, über welche die Relais mit Spannung versorgt werden. Jedes Relaismodul enthält einen kleinen Mikroprozessor, der das Relais steuert. Seine Steuerinformation erhält er als kurze Austastimpulse der Versorgungsspannung. Ein ähnliches Prinzip wird in [3] angewendet, um eine vertikale Lambda/2- Antenne über umschaltbare Stichleitungen für unterschiedliche Frequenzen anzupassen.

Der Aufwand solcher Lösungen lässt sich erheblich verringern, wenn man bistabile Relais verwendet, die durch Invertierung der Spannung den Zustand wechseln und ohne Spannungsversorgung ihren Zustand beibehalten (TQ2SA-L2-5V z.B. www.mouser.de)

Konstruktionsprinzip

Wie in [2] wird jede Dipolhälfte aus einer Zwillingsleitung hergestellt, die durch die Relaismodule in Segmente passender Längen unterteilt ist. Die Ansteuerung der Relais erfolgt mit einer Spannung U, die von einem Kontrollpult über das Koaxkabel (mit Mantelwellendrossel) und einen Splitter wie in [2] an die beiden Adern der Zwillingsleitung gelegt wird.

[1] Erscheint in CQ DL 7/2027



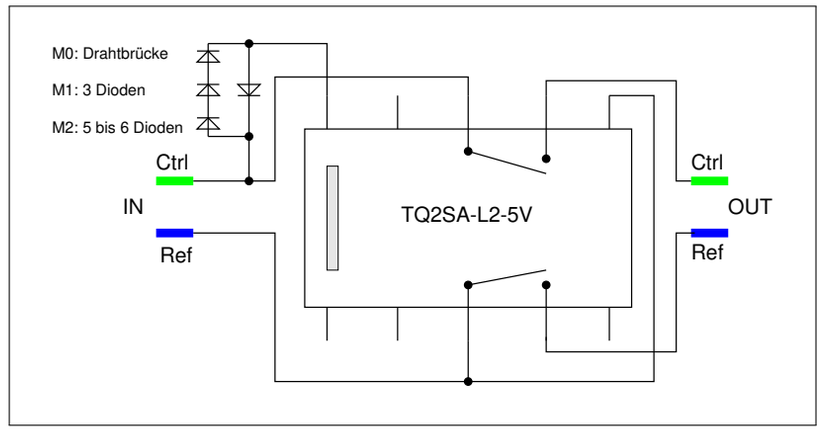
Die Funktionsweise ist grob folgende:

1. Reset: Durch negatives U sollen alle Relais ihre Kontakte schließen. Der Dipol hat dann volle Länge.

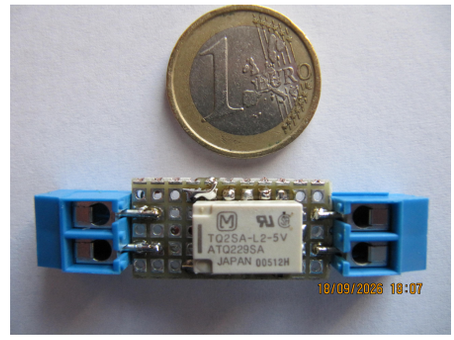
2. Bei positivem U soll jedes Relais individuell in Abhängigkeit von der Höhe der Spannung U die Kontakte öffnen. Die Schwellenspannung, bei der das passiert, nimmt bei den Modulen von der Peripherie zur Mitte des Dipols hin zu, wodurch sich die gewünschten Dipollängen einstellen lassen.

Version 1: Ein Dipol für vier Bänder

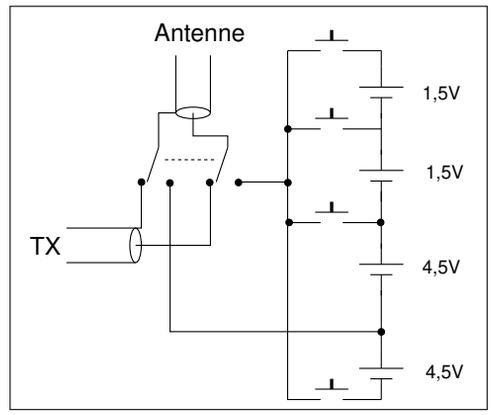
Besonders einfach ist das Prinzip zu realisieren, wenn man die Schalthysterese der Relais ausnutzt. Die verwendeten Relais schalten nach Datenblatt über +3,75V bzw. unter –3,75V gesichert in den Zustand 0 bzw. 1. Tatsächlich erfolgt das bereits ab etwa +–2,5V. Bei Spannungen zwischen –2V und +2V ändern sie ihren Zustand nicht. Die gewünschten Schwellenspannungen kann man einstellen, indem man den Relaiswicklungen passende Zenerdioden oder einfach einige Dioden vorschaltet. Das klappt gut, wenn man sich auf 3 Module (je Dipolhälfte, also 4 Frequenzbereiche) beschränkt und als Ansteuerspannung U die Werte 4,5V, 6V, 7,5V und als Reset -4,5V wählt. Für die Module M1 muss die Spannung um etwa 2V erniedrigt werden, für die Module M2 um 4V. Man beachte, dass die Kniespannung von Dioden ein wenig variieren kann.



Modulaufbau



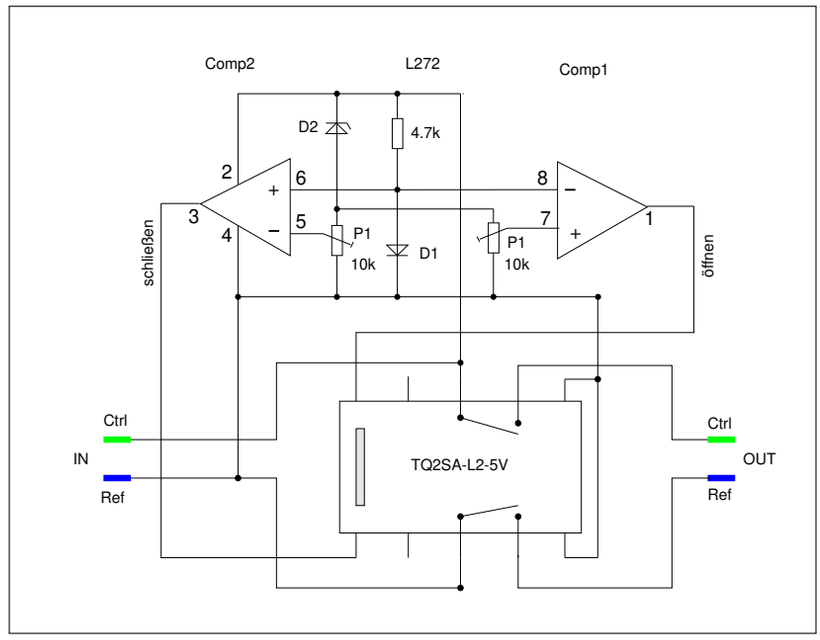
Diese Spannungswerte kann man aus einem Stapel von AAA-Zellen gewinnen (dem nur beim Frequenzwechsel Strom entnommen wird). Das Prozedere zur Frequenzeinstellung des Dipols läuft somit folgendermaßen ab. Durch Anlegen von U=–4,5V schließen alle Relais ihre Kontakte der Reihe nach beginnend bei M2. Wählt man dann U=4,5V, so öffnen die Relais in M0; die anderen bleiben geschlossen. Legt man anschließend U=6V an, so öffnen auch die Relais in M1, und bei U=7,5V öffnen dann auch die in M2.



Kontrollpult für Version 1

Version 2: Ein Dipol für mehr Bänder

Um mehr Bänder abzudecken, braucht man entsprechend mehr Segmente und Relaismodule. Dafür müsste man bei diesem Prinzip höhere Spannungen einsetzen und damit die zulässige Maximalspannung der Relaiswicklungen von 7,5V überschreiten. Als Ausweg bietet sich an, in jedem Modul einen Operationsverstärker als Spannungskomparator einzusetzen, mit dem man feinere Spannungsstufen unterscheiden kann. Man kann man dann sogar auf eine negative Steuerspannung für den Reset verzichten, indem man dafür die zweite Spule in den Relais über einen zweiten Spannungskomparator ansteuert, der das Relais umkippt, wenn die Steuerspannung kleiner als 4,5V ist (aber natürlich mindestens 4V, damit das Relais sicher anspricht).



Modul für Version 2

Das Kontrollpult muss dann für den Reset keine negative Spannung liefern, sondern nur positive zwischen 4V und 7.5V. Wählt man Abstufungen im Abstand von 0,5V, also z.B. 4,5V, 5,0V, 5,5V, 6,0V, 6,5V, 7,0V, 7,5V, so kann man 6 Module getrennt ansteuern, was für 7 Frequenzbänder reicht. Diese Spannungen kann man leicht mit einem Spannungsregler aus 12V gewinnen. Man beachte aber den kurzfistig benötigten Strom. Der Widerstand der Relaiswicklung beträgt etwa 180 Ohm. Jedes Relais zieht also je nach Spannung zwischen 22mA und 42mA. Der Spannungsabfall an der Diode D1 dient als Referenz für die Schaltschwelle. Durch die unterschiedlichen Werte der Steuerspannung U variiert der Strom und auch die Spannung über der Diode etwas und zwar bei einer Zenerdiode mehr als bei einer normalen Si-Diode. Die Zenerdiode D2 dient dazu, den Spannungspegel herabzusenken, ohne die Differenzen zwischen den Steuerspannungspegeln zu verringern. Dadurch brauchen P1 und P2 keine so hohe Teilerverhältnisse zu erzeugen und man gewinnt Störsicherheit. Zenerspannung etwa 3V.

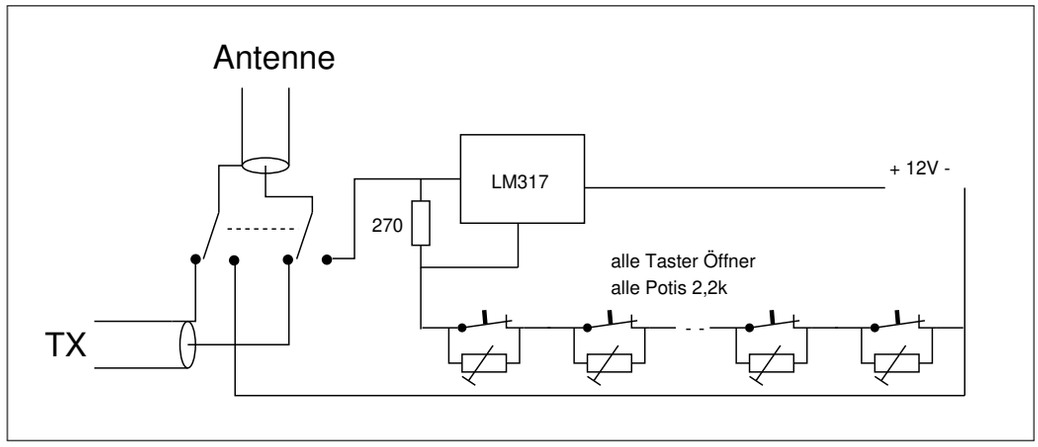
U(j) sei die Schwellenspannung, bei der das Relais im j-ten Modul öffnen soll. Die U(j) werden aufsteigend gewählt z.B. U(j) = 4,5 + j 0,5 Volt. Die Steuerspannung, unterhalb der alle Relais schließen sollen, sei U(0).

Die Potentiometer P1 und P2 werden dann folgendermaßen eingestellt:

1. In jedem Modul wird P1 wird so eingestellt, dass bei Anlegen von U(0) als Steuerspannung die Spannung an Pin5 knapp unter der an Pin6 liegt, aber bei Anlegen von U(j) mit j>0 jeweils oberhalb.
2. Das Potentiometer P2 wird im j-ten Modul so eingestellt, dass bei Anlegen der Steuerspannung U(j) die Spannung an Pin7 knapp über der an Pin8 liegt, aber bei Anlegen von U(j-1) unterhalb der an Pin8.

Statt des Power-OP L272 kann man auch den TL272 oder einen Dual-Spannungskomparator wie den LM393 verwenden; dann braucht man aber noch einen Transistor,

um das Relais anzusteuern. Freilaufdiode nicht vergessen!



Kontrollpult für Version 2

Abgleich der Segmentlängen

Gegenüber der rechnerischen Länge von Halbwellendipolen ergeben sich Verkürzungen dadurch, dass über die Relaiskontakte eine kapazitive Kopplung zum nachfolgenden Segment entsteht, also gewissermaßen ein Dipol mit Endkapazität. Auch der verwendete Draht mit Isolierung bewirkt eine Verkürzung. Keine Rolle dagegen spielt die Impedanz der Zwillingleitung, weil sie nicht als Zweidrahtleitung für HF-Transport agiert.

Zum Abgleich der Segmentlängen geht man am besten so vor. Als Ausgangspunkt wählt man die Segmentlängen so, dass sich die Abmessungen normaler Halbwellendipole ergben. Dann ändert man zuerst die Längen der beiden innersten Segmente, bis der innerste Dipol zwischen den Modulen M2 resonant ist. Dann gleicht man die nächsten Segmente ab, bis der Dipol zwischen den Modulen M1 resonant ist, usw.. Die Änderung von Segmenten hat auf die weiter innen liegenden nur wenig Einfluss, so dass man zumindest nach einer weiteren Abgleichsrunde meist schon am Ziel ist.

Als Segmentlängen eines Dipols für die Bänder 20m, 17m, 15m, 10m ergeben sich die folgenden Werte, wenn der Speisepunkt in etwa 7m Höhe ist und die beiden Hälften als Inverted-V um ungefähr 45 Grad nach unten abgespannt sind. Ist der Dipol gestreckt und in großer Höhe, so ist S3 nahezu 10 cm kürzer.

Segmentlängen	S0	S1	S2	S3
	124cm	54cm	74cm	225cm

Wie bei jedem Dipol ändern sich die Resonanzfrequenzen leicht, wenn die Höhe oder die Form des Dipols geändert wird. Meist genügt es, das innerste Segment der beiden Dipoläste zu verändern. Es empfiehlt sich, die Länge des innersten Segments eher ein klein wenig zu lang zu wählen. Zur Feinabstimmung kann man dann eine Verkürzung bewirken, indem man die Leitung vor den Modulen M0 in eine kleine Schleife legt.

Ein drehbarer Mehrbanddipol

Die Module sind leicht und lassen sich so schmal aufbauen, dass sie samt der Zwillingsleitung in ein GFK-Rohr oder eine dickere Angelrute geschoben werden können. Auf diese Weise erhält man einen drehbaren Mehrbanddipol.

Ein drehbarer 4-Band-Dipol über dem Dach

Eigenschaften

- Kein dauerhafter Stromverbrauch, nur beim Frequenzwechsel
- Sehr einfache Technik ohne Mikroprozessoren
- Mit den angegebenen Komponenten überlebt die Antenne 100W SSB unbeschadet. Vom Prinzip her ist sie auch für höhere Leistungen einsetzbar, wenn geeignete Relais verwendet werden.
- Geringe Kosten, nur ein wenig Fleißarbeit

Literaturangaben

[1] P. Guatelli IK4PKK, V. Bussow IK4ICE: *Multiband-Drahtdipolantenne mit ferngesteuertem Bandwechsel* Funkamateur 6/2026, 474f

[2] J. Weit, KI8BV: *An All Band HF Dipole Antenna*, QST Sept. 2008

[3] V. Aurich DK3PK: *Eine portable Vertikalantenne ohne Radiale für 20m bis 10m*, `www.dk3pk.de//ham/SwitchDipol5a.pdf`