

Verpolschutz für portable Geräte

Gernot, DF5RF

df5rf@darcd.de

Mein Schlüsselerlebnis war der ungenügende Verpolschutz in einem MFJ9020. Die Paralleldiode hat gegen den Innenwiderstand der Batterie gekämpft, und da ich keine Sicherung extern eingeschleift hatte, verlor nicht nur die Diode. Es bedurfte einiger Stunden Arbeit die defekten Teile zu identifizieren und zu ersetzen. Da kommt natürlich die Frage auf, wie kann man sein Gerätchen am Besten gegen Verpolung schützen?

Die Grundlage allen Handelns ist sicherlich **Kennzeichnung** der Anschlüsse und **Konzentration** beim Anschließen. Trotzdem können Fehler entstehen! Die oft praktizierte **Schottky-Diode in der Plusleitung** hat den Nachteil des Spannungsabfalls bei höheren Strömen von bis zu 0.6 Volt. Im Elecraft K2 wird eine SB530 eingesetzt, im Sendebetriebs hat man diesen Verlust schon hinzunehmen. Die eingangs beschriebene Variante, eine kräftige **Diode parallel** zur Batterie zu schalten funktioniert nur, wenn auch eine **Feinsicherung** – möglichst flink- in der Plusleitung steckt. Der Nachteil liegt in der Zerstörung der Sicherung – das ist bei Portablebetrieb sehr nervig, insbesondere wenn der Fehler nicht sofort sichtbar ist und man mit vielen Irrtümern zum Ziel gelangen will. Dazu kommt doch immer eine gewisse Trägheit der Schmelzsicherung. Auch "Resettables", als sich selbst zurückstellende Sicherungen, sind i.d.R. zu langsam.

Es muss also eine selbstheilende Schaltung sein, die so schnell reagiert, dass andere Bauteile nicht in Gefahr sind. Der nächste Versuch ist ein **gepoltes Relais**, das nur schaltet, wenn die Polarität stimmt. Die Kontakte schalten dann die Batterie ans Gerät. Ein gepoltes Relais kann man selbst aus einem normalen Relais + Diode in Reihe herstellen. Nachteil insbesondere für Portablebetrieb: Das Relais benötigt selbst ständig Leistung. Nun kann man auch die Logik umkehren und statt der Schließer die Öffner nehmen, und die Polarität des Relais so schalten, dass es bei Verpolung anzieht. Sieht doch schon fast perfekt aus! Vorteil ausserdem: Es kann zweipolig abgeschaltet werden. Kleiner Nachteil: das Relais hat eine Anzugsverzögerung im Bereich 5..100ms (je nach Typ). Nun müsste man jedes Bauteil im anzuschließenden Gerät untersuchen, wie lange welche Fehlspannung anliegen darf, um sicher zu sein, dass diese Schaltung wirklich schützt.

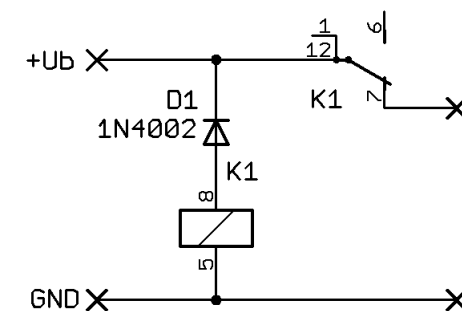


Abbildung 1: Schutz mit gepoltem Relais

Tja, nun wirds eng. Gibts noch etwas? Klar, **Transistoren** sind ja Schalter. Ähnlich wie ein Längstransistor in einem geregelten Netzteil kann man auch ganz zu- oder abschalten. Beim Einsatz von NPN/PNP-Transistoren fällt auf der Schaltstrecke U_{CESAT} ab und produziert Verlustleistung. U_{CESAT} lässt sich zwar verringern, aber nur indem der Basisstrom erhöht wird. Nimmt man z.B. einen BD139, so benötigt man schon 100mA Basisstrom, um einen U_{CESAT} von 250mV zu erreichen. Zu den 250mW Verlustleistung für den Laststrom gesellen sich also noch ca. 90mW Verlustleistung auf der B-E Stecke, macht 340mW. Für eine 3A-Schaltstrecke könnte man einen BD242 nehmen, der braucht aber 300mA Basisstrom, um einen U_{CESAT} von minimal erreichbaren 570mV zu erreichen. Das sind dann schon $1,71W + U_{BE @ IC/B=10} \sim 1,2V * 300mA \sim 2W$. Zum

Vergleich: Bei $I_B=100\text{mA}$ steigt U_{CESAT} auf knapp 2Volt, das macht in der Leistungsbilanz rund 6Watt, die allein durch den Schalttransistor in die Luft (aber nicht in den Äther) gehen. Für portable Geräte sicherlich nicht geeignet. Beim Stöbern im Weltweiten [1,2] bin ich auf eine andere Spezies aufmerksam geworden, die **MOSFETs**. Die Wirkungsweise ist in [2] genau beschrieben; da ich es nicht erfunden habe möchte ich es nicht zitieren. Wichtigster Parameter bei der Typauswahl ist $r_{DS(on)}$, der Widerstand im eingeschalteten Zustand. Bei einem Leistungs-MOSFET geht dieser in den Milli-Ohm Bereich, was gut für uns ist denn damit bleibt der Spannungsabfall klein und die Verlustleistung ist so gering dass im Falle eines TO-220 Gehäuses auch keine Kühlung erforderlich ist. Dazu kommt eine schnelle Schaltzeit ($< 100\text{ns}$) und geringer Verbrauch. Eine Variante ist hier dargestellt, dabei zeigt die rote LED den Verpolzustand zusätzlich an. Die maximale Sperrspannung der LED von ca. 5V im Normalbetrieb ist zu beachten, diese wird durch die antiparallele Diode von U_b auf 0.7V begrenzt.

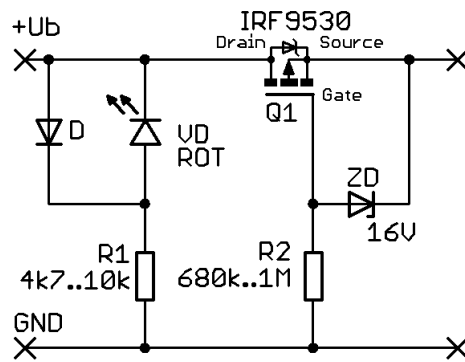


Abbildung 2: Schutz durch MOSFET

Man kann sich prinzipiell aussuchen, ob Plus- oder Minus abgeschaltet werden soll, denn diese Schaltung funktioniert nur für einpoliges Abschalten. In evtl. denkbaren Fällen könnte es nämlich durch Masseschleifen über andere Verbindungen zum Kurzschluß kommen. Aber beim Schalten des Minus-Poles sollte man beim Normalbetrieb immer dran denken, dass dort nun ein Widerstand in Form eines MOSFETs drin sitzt. Idealerweise finde ich daher das Schalten des Plus-Poles. Der eingesetzte MOSFET IRF9530 ist ein P-Kanal Typ mit einem $r_{DS(on)}$ von 0.3 Ohm. Bei 1A Stromaufnahme sind es 300mW Verlustleistung ($P_{tot} = I^2 * r_{DS(on)}$) bei theoretisch 300mV Spannungsabfall ($U_{DS} = P_{tot} / I$). Und betrachtet man den Empfangsfall im TRX z.B. mit 200mA Stromaufnahme sind es 12mW Verlustleistung und 60mV Spannungsabfall, das schafft man mit keiner Diode! Im Vergleich zu NPN/PNP Transistoren zeigt die folgende Tabelle aber auch bessere MOSFET-Typen und die Auswirkungen.

Typ	$r_{DS(on)}$	U_{DS} bei $I_D = 0,2A$	P_{tot} bei $0,2A$	U_{DS} bei $I_D = 1A$	P_{tot} bei $1A$	U_{DS} bei $I_D = 3A$	P_{tot} bei $3A$
IRF9530	0.3 Ohm	60mV	12mW	300mV	300mW	900mV	2.7W
IRF9Z34N	0.1 Ohm	20mV	4mW	100mV	100mW	300mV	0.9W
IRF4905	0.02 Ohm	400µV	80µW	20mV	20mW	60mV	0.18W
IRFD9024	0.175 Ohm	35mV	7mW	175mV	175mW	-	-

Für die jeweilige Anwendung ist bei der Auswahl auch auf $I_{D_{MAX}}$ zu achten, dieser ist temperaturabhängig. An den Werten von U_{DS} sieht man, wie sich der MOSFET abhängig vom Strom verhält. Dies könnte man auch zur Strommessung ausnutzen, evtl. sogar zur Strombegrenzung.

Ein möglicher Komplementär-Typ für die Minus-Leitung wäre der N-Kanal-Typ IRF640 mit einem

$r_{DS(on)}$ von 0.18 Ohm. Die genannten Typen sind neben dem geringem Preis (<1 Euro) auch für andere Schaltanwendungen interessant. Zu beachten bei dieser MOSFET-Verpolschutzschaltung ist aber auch, dass U_{GS} maximal bei +/-20V liegt. Sollen höhere Spannungen gegen Verpolung geschützt werden, ist zusätzlich mit einer Z-Diode dafür zu sorgen, dass die maximale Spannung zwischen Source und Gate kleiner als 20V bleibt. Siehe [1]. Als Typ kommt z.B. eine ZPY16 mit $P_{tot}=1.3W$ in Frage.

Im Fall hoher kapazitiver Last (>1000 μ F) sperrt der MOSFET bei Verpolung nicht sofort, sondern erst wenn die Ladungsmenge abgenommen hat. Neuere MOSFET-Entwicklungen gehen beim $r_{DS(on)}$ sogar runter bis 3 milliOhm, siehe [4]. Diese Typen sind aber schwerer erhältlich.

Das Ideal für den Verpolschutz gibts als noch nicht, aber die vorgestellten Möglichkeiten decken doch schon die meisten portablen Anwendungsfälle ab.

Referenzen:

[1] http://www.atx-netzteil.de/verpolschutz_m_mosfet.htm

[2] http://www.geofex.com/Article_Folders/mosswitch/mosswitch.htm

[3] http://www.dg1asc.de/scrap/nuts_ps2.htm

[4] http://imperia.mi-verlag.de/imperia/md/content/ai/ae/fachartikel/ei/2007/09/ei07_09_054.pdf