

USB-Messtechnik Kapitel 2

Von Nothart Rohde / März 2008

-1-

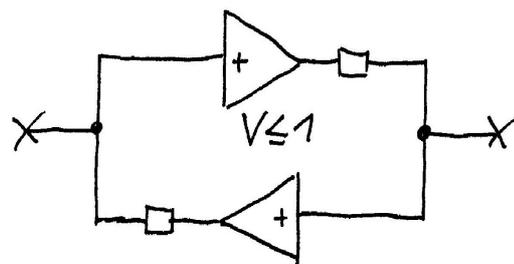
Bidirektionale Busse, speziell der USB, machen bei der Spannungsmessung keine Freude, denn es fehlt die eindeutige Zuordnung von momentanem Sender und Empfänger. Besteht daher prinzipiell die Möglichkeit, die Signalflüsse zu trennen, ohne das Protokoll zu kennen? Die theoretisch wie auch praktisch gewonnen Antwort lautet: Möglicherweise ja.

Es gibt Busse, deren Verbindungsleitungen bidirektional verwendet werden, etwa der USB. In diesen Fällen ist Spannungsmessung auf der Leitung wenig aussagekräftig, da nicht festzustellen ist, welcher Partner sendet und welcher Partner empfängt. Auch der Einbau von isolierenden Kopplern ist damit nicht möglich. Die naheliegende Messung der Stromrichtung führt auch nicht weiter, da sich das Senden einer Eins nicht vom Senden einer Null beim anderen Partner unterscheidet.

Bei der Beschäftigung mit dem USB trat nun die Frage auf, ob es prinzipiell möglich ist, den bidirektionalen Datenfluss den Partnern eindeutig zuzuordnen, ohne das Protokoll zu kennen. Das hätte Auswirkung auf die Messtechnik und den Einbau von isolierenden Kopplern. Diese fast mathematische Frage konnte auch mathematisch gelöst werden, nämlich durch die Angabe einer Schaltung, die so etwas bewirkt.

Bidirektionale Schaltungen sind ähnlich exotisch wie die berühmten negativen Widerstände. Theoretisch wurden sie aber schon lange unter dem Begriff des Zirkulators untersucht. Als Ferritbauteile sind sie in der Mikrowellentechnik bekannt. Hier dienen sie zur Anpassung eines Senders und eines Empfängers an eine gemeinsame Antenne, ohne dass etwas umgeschaltet werden müsste. Man findet dieses Konzept aber auch in der Literatur über Operationsverstärker. Ganz allgemein ist ein Zirkulator eine ringförmige Schaltungsstruktur mit verschiedenen Anzapfungen (Toren), bei der die Information nur in 1 Kreisrichtung läuft. Den gedanklich ganz besonders nutzlosen 2-Tor-Zirkulator, von der Funktion her ein Draht, kann man noch etwas vereinfachen und kommt dann zu einer Schaltung, die in **Bild 1** dargestellt ist.

Die beiden Buffer sollen eine Verstärkung möglichst nahe 1,0 haben, aber nicht darüber, sonst schwingt die Schaltung. Ansonsten hat sie keine Eigenschaften, denn was auf der einen Seite eingespeist wird, erscheint unverändert auf der anderen Seite.



Die beiden Widerstände dienen nur der Stabilität und sollten möglichst klein sein.

Bild 1

Man kommt ins Grübeln, in welchem Punkt sich die Schaltung von einem Draht unterscheidet, denn es sind ja getrennte Signalflüsse festzustellen, weil ein Eingang ein Eingang und ein Ausgang ein Ausgang bleibt. Bei einem schlichten Telegramm von A nach B zirkuliert die Botschaft zumindest während der Schaltflanke in beiden Buffern. Die Schaltung löst also die eingangs gestellte Frage möglicherweise nur mit „Jain“.

Bei praktischen Versuchen in digitalen Systemen ist die Schnelligkeit wichtig, Verzerrungen spielen eine geringere Rolle. Man kann versuchsweise die Buffer durch einen doppelten Emitterfolger ersetzen und kommt zu einer Schaltung nach **Bild 2**. Für praktische Anwendungen ist sie weniger zu empfehlen, denn der tote Spannungsbereich von 1 Volt in der Mitte der Kennlinie ist kein Qualitätsmerkmal. Mit Zwischenschaltung von 2 dieser Zirkulatoren, jeweils einer in den Leitung D+ und D-, liefern etliche Gerät am USB bei den unteren Geschwindigkeiten. Nicht sehr betriebssicher, aber doch so, dass man die Behauptung wagen kann, dass für die Umwandlung eines bidirektionalen Informationsflusses in 2 gerichtete Ströme das Protokoll nicht bekannt sein muss. Eigentlich sagt das auch die Theorie der Zirkulatoren, aber der Weg in die Praxis ist gedanklich ohne Experiment dann doch etwas lang.

Sofern die nachfolgenden Eingänge an den USB-Komponenten die Signalverzerrungen durch die Schaltung nach Bild 2 akzeptieren, kann man die Richtung des Signalflusses im laufenden Betrieb feststellen. Man misst dazu mit dem Oszilloskop den Spannungsabfall am doppelten Emitterfolger. Das Vorzeichen der Spannungsdifferenz zeigt die Signalrichtung an, denn auf der Senderseite ist der Spannungshub größer.

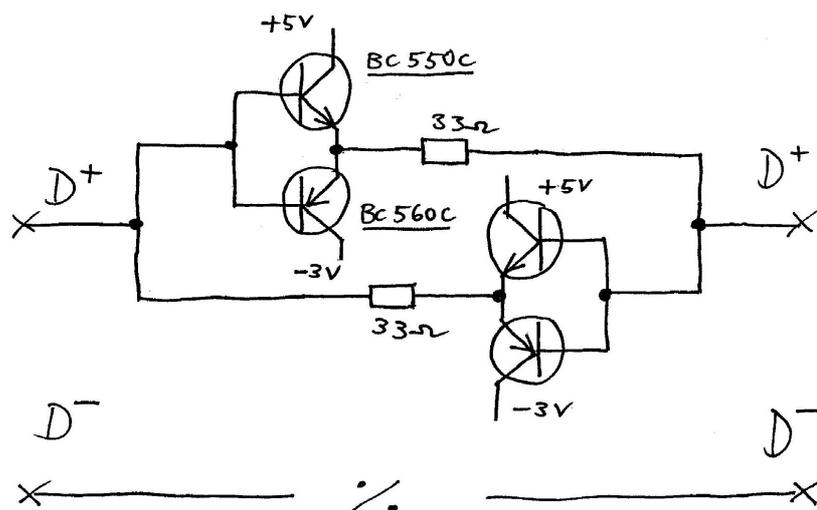


Bild 2 Vereinfachung der Schaltung nach Bild 1 zu Testzwecken.