

Bauanleitung Impulsreflektometer IRM2 aus Multimeter DT-830B

Das IRM2 ist ein handliches Digitalmultimeter, welches sich sehr einfach aus einem günstigen Multimeter DT-830B herstellen lässt. Die 10A-Messfunktion des Multimeters wird hierbei entfernt und durch die IRM-Messfunktion ersetzt. Im IRM-Modus lassen sich einfach und schnell Kabellängen bestimmen - sowohl Unterbrechungen bzw. offene Leitungsenden als auch ein Kurzschluss lässt sich so orten. Die Kabellänge in Metern kann hierbei sofort von der Anzeige des Messgeräts abgelesen werden.



Diese Bauanleitung versucht, die Herstellung eines derartigen Messgeräts möglichst vollumfänglich zu beschreiben. Da das Multimeter DT-830B bereits seit Jahrzehnten auf dem Markt ist, gibt es davon viele unterschiedliche Versionen mit unterschiedlichen Platinen. Diese Anleitung bezieht sich auf das DT-830B mit der „kleinen Platine“ - sprich die neueste Revision die man am wahrscheinlichsten bekommt, wenn man z. B. auf Ebay ein solches Messgerät neu kauft. Hat man eine ältere Version der Platine vorliegen, so ist der Bau selbstverständlich ebenfalls möglich, wird sich aber in Detailfragen unterscheiden.

Für die Herstellung des IRM2 werden die folgenden Komponenten benötigt:

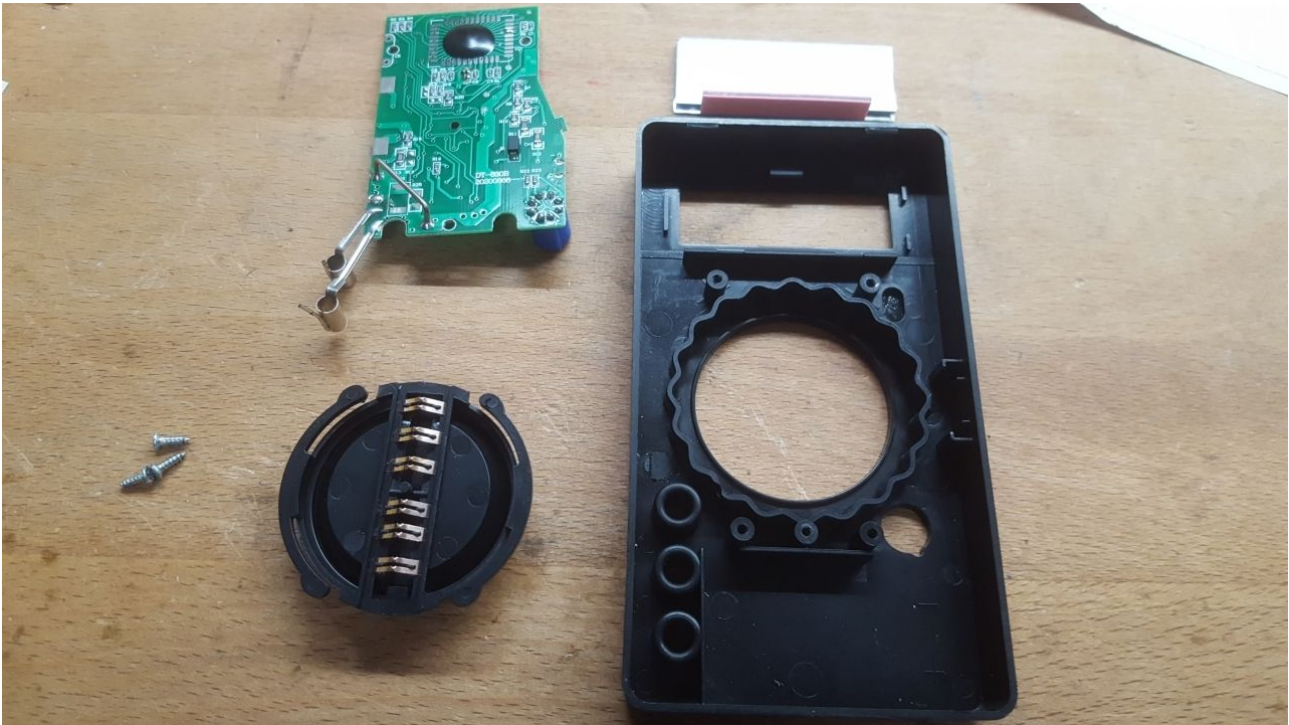
- Multimeter DT-830B
- Flachbandkabel 8-polig oder einzelne Litzen
- Platine einseitig 5x8cm (oder größer, muss dann aber zugeschnitten werden)
- Komponenten laut Schaltplan bzw. Bauteilliste

Werkzeug:

- Akkubohrmaschine inkl. Bohrer 3mm
- Lötkolben + Lötzinn
- Heißklebepistole
- Equipment zum Platinen ätzen oder entsprechende Bekannte
- Grundlegendes Elektronikwerkzeug :-)

Optionale Displaybeleuchtung:

Wer möchte, der kann das Display des Messgeräts im Zuge des Umbaus beleuchten. Das ist keine Voraussetzung für den Umbau, aber durchaus nützlich. Wer keine Displaybeleuchtung möchte, der kann diesen Absatz überspringen.



Um die Hintergrundbeleuchtung vorzubereiten, muss man Multimeter zunächst komplett zerlegen. Nun wird das LCD-Display aus dem Gehäuse entnommen und die versilberte Klebefolie auf der Rückseite des Displays entfernt (die andere Seite ist weiß, siehe Foto). Das Display ist nun transparent. Dabei empfehle ich, das Display auf der Vorderseite auf eine Schutzfolie zu prüfen und diese ebenfalls gleich zu entfernen. Ab und an wird die von den Mitarbeitern vergessen, die die Multimeter zusammenbauen. :-)

Aus einem weißen Joghurtbecher (oder Ähnliches) wird nun ein Stück herausgeschnitten, welches die Größe des Displays hat. Nun wird das Multimeter wieder zusammengesetzt und das Stück Joghurtbecher ebenfalls unter die Nase geschoben, die das Display in Position hält. Auf der anderen Seite wird es vorsichtig mit Heißkleber fixiert. Je nach Bauform der Platine des DT-830B kann sich das etwas unterscheiden. Alternativ kann anstatt des Joghurtbechers auch z. B. weißes Isolierband verwendet werden, sofern man eines hat, welches breit genug ist.

Die weitere Montage der Displaybeleuchtung erfolgt dann bei Displaybeleuchtung (Teil 2).

Platine erstellen:

Die Platine muss entsprechend der Vorlage (PDF) zunächst aus einer einseitigen Rohplatine geätzt werden. Ein Aufbau der Schaltung auf einer abweichenden Platine (z. B. Streifenrasterplatine) ist aufgrund der hohen Frequenz der Schaltung nicht empfehlenswert, da man hier dann sehr abweichende Ergebnisse erhalten kann. Selbst kleinere Veränderungen des Platinenlayouts erwiesen sich in meinen Versuchen bereits als problematisch.

Anleitungen zum Ätzen gibt es viele auf Youtube, sucht euch am besten eine aus die euch gefällt, wenn ihr das noch nie gemacht habt. :-)

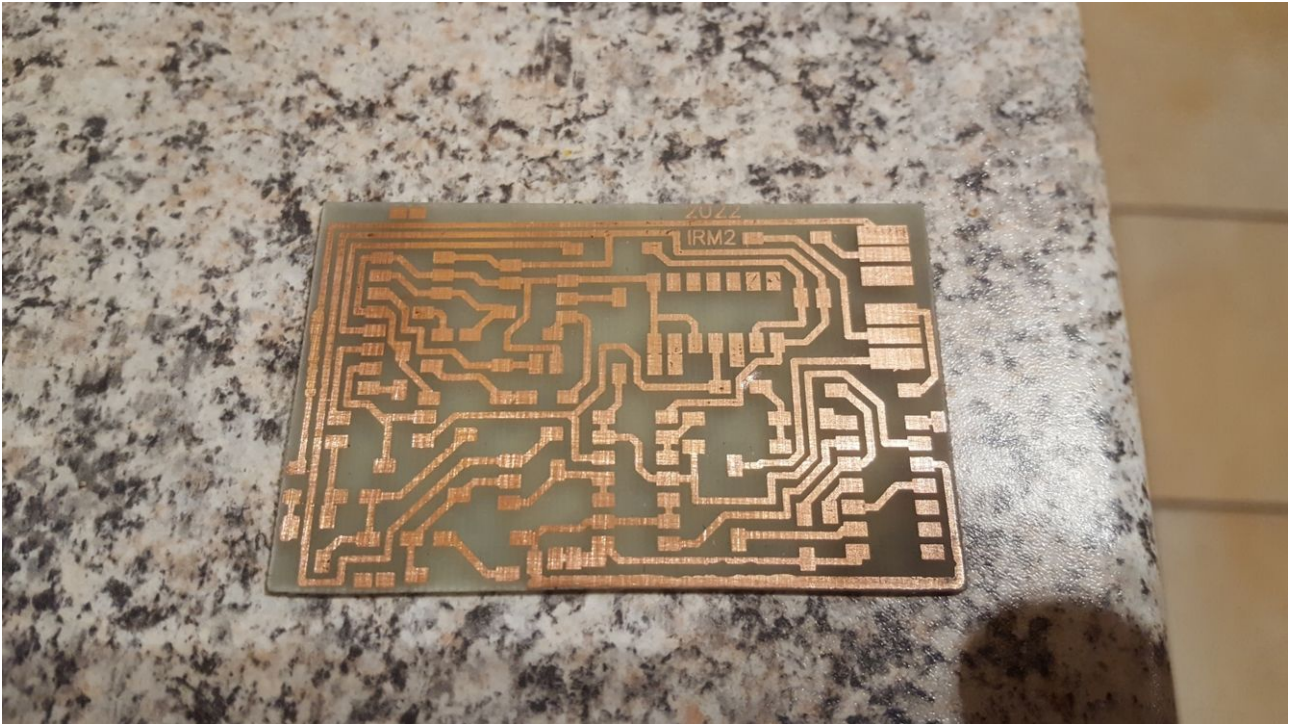
Ich empfehle die Methode, bei der man das Platinenlayout zunächst mit einem Laserdrucker auf Prospektpapier ausdruckt. Dann wird es mittels Laminiergerät auf die Platine transferiert

und das Prospektpapier mit Wasser wieder abgelöst. Quasi eine Kombination dieser beiden Youtube-Videos. Damit habe ich persönlich die beste Erfahrung gemacht.

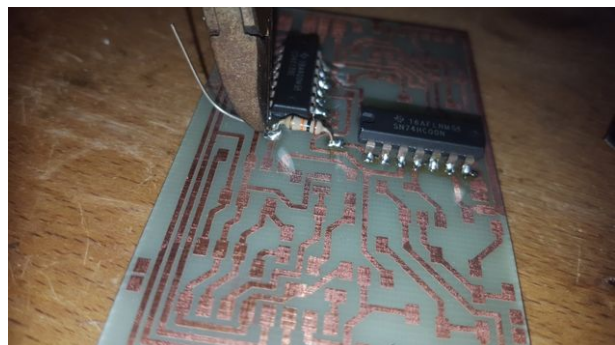
<https://youtube.com/watch?v=7KnXhKvz3cE> (ab 03:44)

<https://youtube.com/watch?v=UGI6-AX4T1A>

Das PCB-Layout ist bereits passend gespiegelt für diese Methode. Möchte man eine abweichende Methode verwenden, muss es ggf. gespiegelt werden. Nach dem Ätzen sollte die Platine dann wie folgt aussehen (ist noch eine älteres Layout auf dem Foto). Bitte unbedingt auf die Schrift achten, dann kann eigentlich nichts schiefgehen.

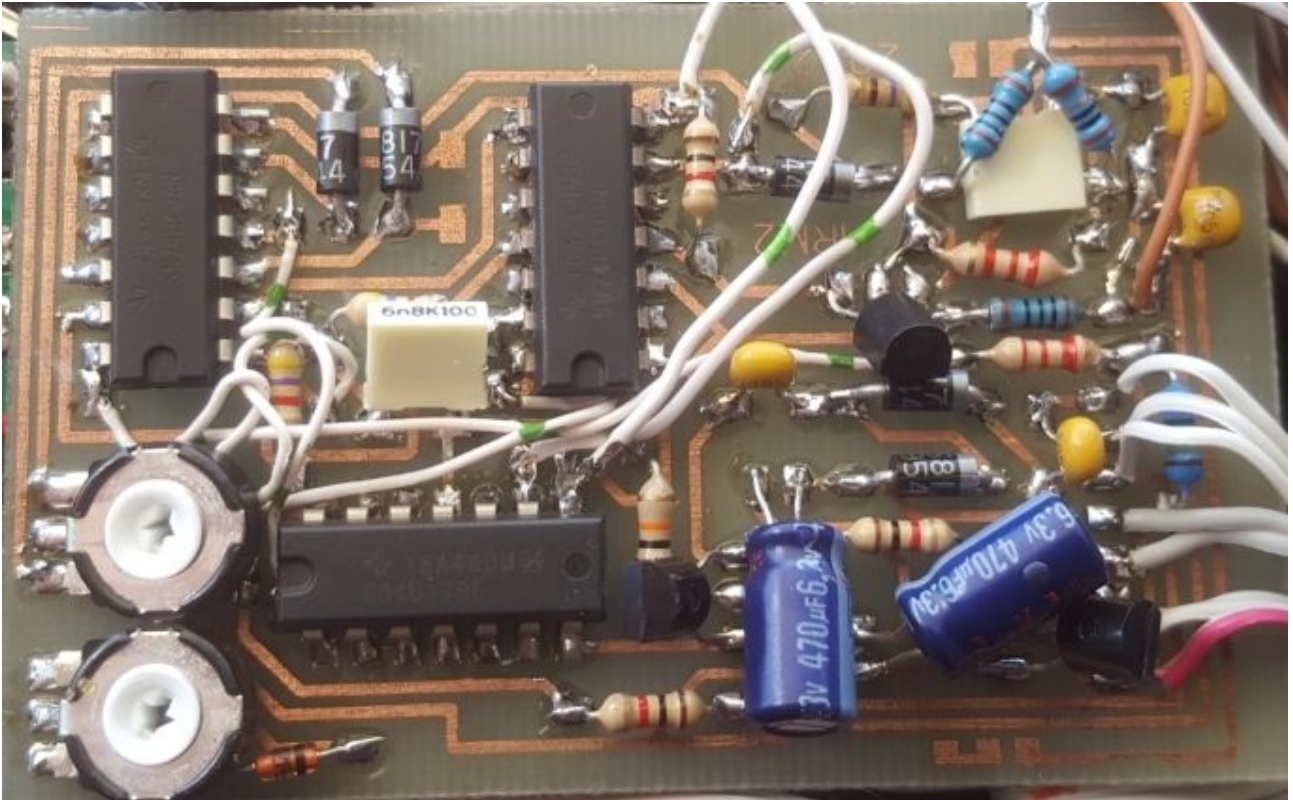


Das Layout der Platine ist für eine „SMD-Bestückung“ mit normalen Bauteilen vorgesehen. Die Beine der ICs und anderen Bauteile müssen so gebogen und gekürzt werden, dass sie auf den Leiterbahnen aufgelötet werden können. Man kann alternativ auch die gespiegelte Version auf die Rückseite einer Platine ätzen und ganz klassisch Löcher bohren und die Bauteile bestücken. Ich empfehle aber die SMD-Variante, da hier dann keine Trennfolie oder ähnliches zwischen der IRM-Platine und der Multimeterplatine erforderlich ist. Nun kann die Platine mit allen Bauteilen bestückt werden. Die Potis können aufgelötet, aber auch mit Kabel versehen woanders im Gehäuse platziert werden.



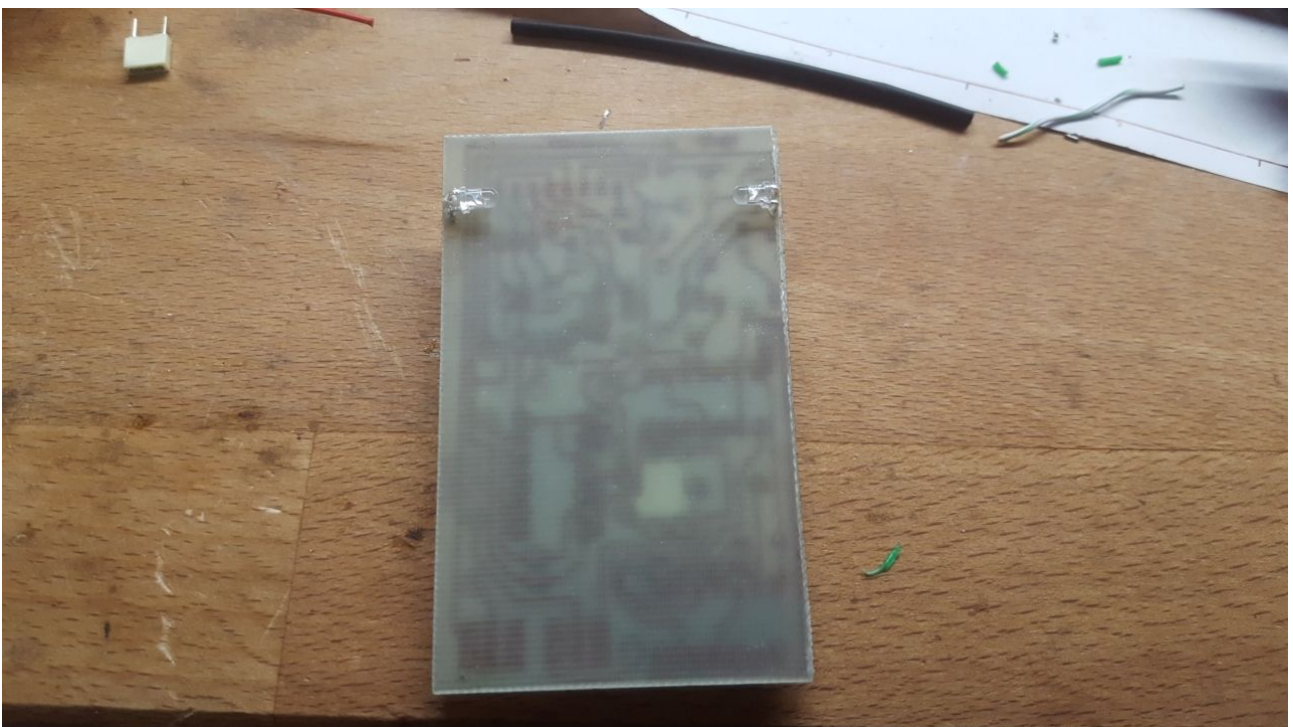
Fertig bestückte Platine, siehe Foto. Man beachte die beiden kombinierten Widerstände 100 Ohm + 10 Ohm rechts oben (R9 und R16). Das ist leider ein Kompromiss, da ich das

Platinenlayout in dem Bereich nicht mehr ändern konnte ohne wieder auf neue Probleme zu stoßen. Die Bauteile müssen teilweise etwas gekippt werden, damit die Platine ohne Probleme in das Gehäuse passt. Zudem müssen acht Verbindungen mit einer Litze hergestellt werden (sieben ohne LED-Beleuchtung). Die Verbindungen sind im PCB-Layout ersichtlich.



Displaybeleuchtung Teil 2 (optional):

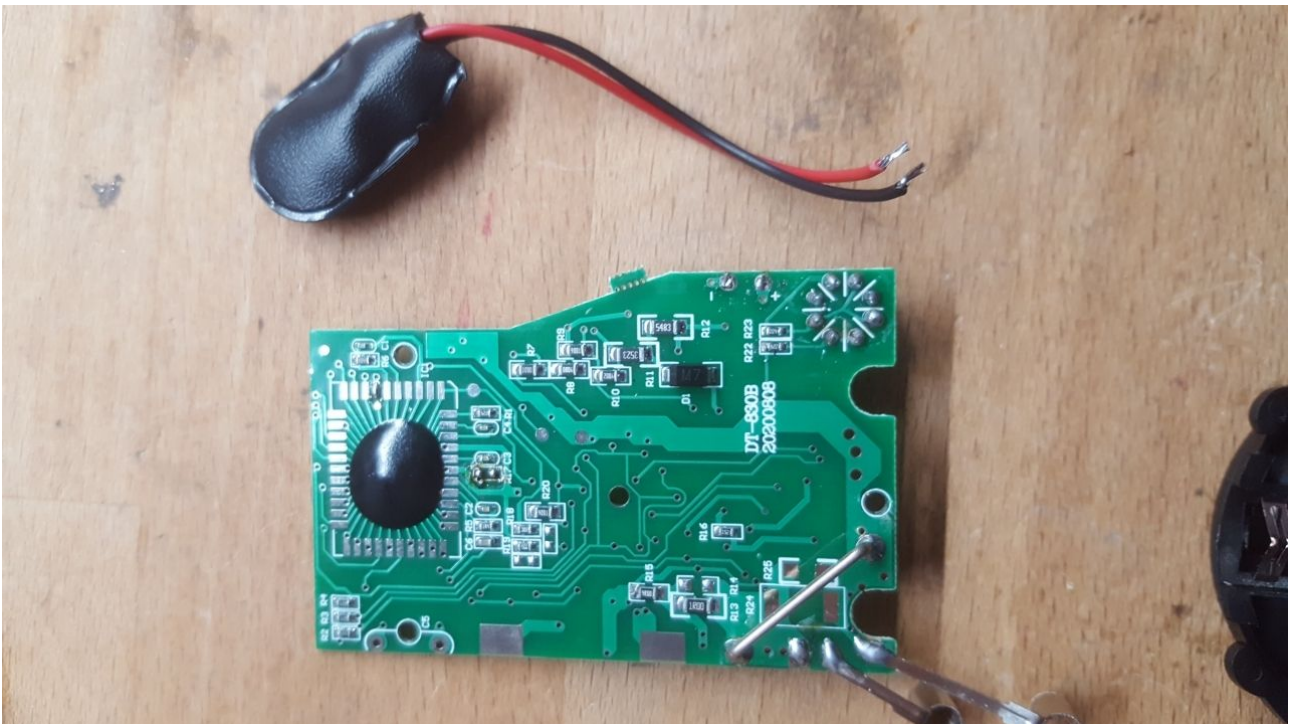
Die Lötunkte für die LEDs werden mit einem kleinen Bohrer (0,5-0,8mm) durchbohrt. Die LEDs werden wie normale Bauteile verlötet, so dass sie auf der unbestückten Seite der Platine sind und nach innen leuchten.



Platine mit dem DT-830B verbinden:

Nun wird das Flachbandkabel auf die Platine gelötet und wie in den folgenden Bildern mit dem Multimeter verbunden. Ich habe mein achtadriges Kabel in zwei dreiadrige und ein zweiadriges aufgetrennt. Der Batterieclip ist zu entfernen und das Minus des Clips mit dem ICL7106 Pin 1 auf der Platine des Multimeters zu verbinden. Plus wird mit der passenden Ader des Flachbandkabels verbunden (mit Schrumpfschlauch isolieren).

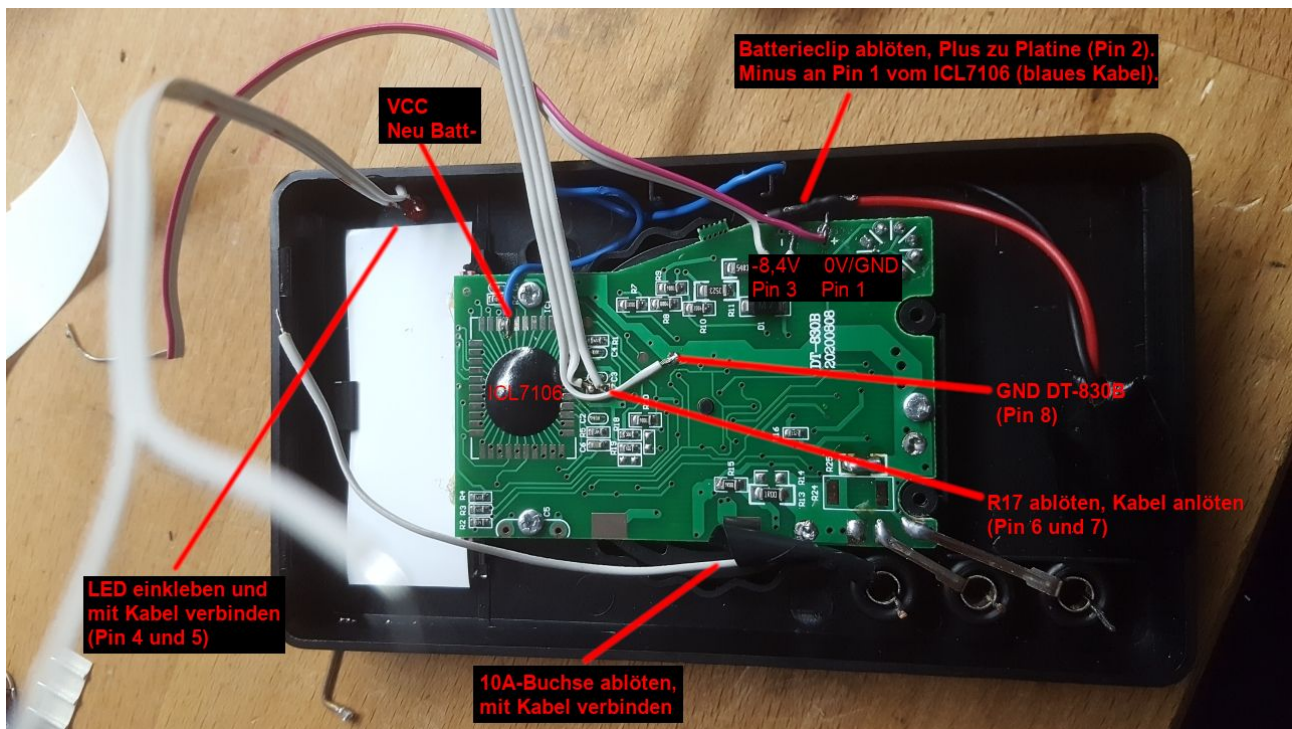
Die 10A-Buchse wird durch Trennen der Leiterbahn oder durch Ablöten der Buchse von der Platine getrennt. Sie wird mittels eines separaten Kabels mit der entsprechenden Stelle auf der Zusatzplatine verbunden. Ich empfehle auch das Ablöten des 10A-„Kupferbügels“ auf der Platine um mehr Platz zu bekommen, da die 10A-Messfunktion nach dem Umbau sowieso obsolet ist. Damit das Messgerät aber weiter funktioniert, muss die selbe Verbindung wieder hergestellt werden, z. B. durch ein Brücken des nicht vorhandenen Widerstands R25.



Als nächstes muss noch ein Loch für die Kurzschlussanzeige-LED neben dem Display gebohrt werden. Ich empfehle die linke Seite des Displays, da man so die Kabellänge weiterhin besser ablesen kann und nicht von der LED geblendet wird. Auch für das Kalibrierungspotentiometer auf der Platine sollte ein Loch in das Gehäuse gebohrt werden, damit man schnell und einfach das Gerät auf ein anderes Kabel kalibrieren kann. Ein weiteres Loch für das Potentiometer zur Kalibrierung Offene Leitung <-> Kurzschluss ist nicht notwendig, da das in der Regel nur einmal kalibriert werden muss. Vorsicht! Das Gehäuse des DT-830B bricht relativ schnell. Bitte bei den Löchern für die Potis am besten mit einem kleinen Bohrer vorbohren.

Der Widerstand R17 (Bezeichnung kann bei anderer Platine abweichen) wird von der Platine des DT-830B abgelötet, da er leider recht schnell kaputt geht, wenn man versucht dort ein Kabel anzulöten. Ein Ersatz für den Widerstand befindet sich auf der Zusatzplatine (R12, 1 MOhm). Bitte hier genau aufpassen, welche Seite zum ICL7106 geht und welche nicht, damit ihr das Kabel an der Stelle dann richtig anlötet. Zum Schluss wird dann noch eine Verbindung zum internen GND des DT-830B hergestellt.

Belegung der einzelnen Adern auf der neuen Zusatzplatine, siehe Schaltplan.



Messen mit dem Messgerät:

Für die IRM-Messfunktion kommt der Messbereich 2000 μ A zum Einsatz. Dieser hat nun neben der 2000 μ A-Messung diese weitere Funktion erhalten. Die Messleitungen müssen an GND und 10A angeschlossen werden. Die Entfernung in Metern kann sofort vom Display abgelesen werden. Der Messbereich 10A ist neu ohne Funktion.

Zur besseren Übersichtlichkeit sollte die Beschriftung auf dem Messgerät angepasst werden. Ich habe z. B. die Beschriftung 10A bei der Messbuchse mit blauem Isolierband überklebt und den Messbereich 2000 μ A mit dem selben Isolierband markiert (siehe Foto am Anfang). Den 10A-Messbereich kann man mit schwarzem Isolierband überkleben.

Vor der ersten Messung muss das Messgerät kalibriert werden.

Kalibrierungsempfehlungen:

Wie gut man das Messgerät kalibrieren kann, hängt davon ab, was man nun in seinem Bastelkeller alles herumliegen hat. :-)

Empfehlenswert ist eine Kalibrierung mit einem bekannten Kabeltyp und einem Kabelbund von mindestens 100 Metern und maximal 300 Metern. Bestenfalls das Kabel, welches man zukünftig auch (bevorzugt) messen möchte. Hat man ein neues DT-830B gekauft, so sollte als erstes der Bereichswahlschalter einige Runden gedreht werden, da die internen Kontakte ggf. eine leichte Oxidschicht durch die Produktion und/oder durch das Berühren mit dem Fingern haben. Danach kann man mit der Kalibrierung beginnen.

Zunächst wird das Messgerät eingeschaltet und mit dem Kabel verbunden. Am Ende des Kabels werden die Enden abwechselnd kurzgeschlossen und wieder geöffnet und somit das Potentiometer Offene Leitung <-> Kurzschluss kalibriert, bis beide Messungen den selben Wert am Display ausgeben. Nun kann das Kalibrierungspotentiometer für die Länge auf die bekannte Kabellänge des Kabelbunds eingestellt werden. Sollte eine Kalibrierung der Länge nicht möglich sein, muss ggf. der Widerstand R13 angepasst werden (je nachdem, auf welches Kabel man kalibrieren will).

Messhinweise:

Achtung! Die Kabellänge darf ausschließlich an spannungsfreien Kabeln gemessen werden.

Die am Kabelanfang eingespeisten Messimpulse werden am Kabelende an einem Kurzschluss oder an einer Unterbrechung reflektiert. Wird vom Messgerät ein Kurzschluss erkannt, leuchtet die rote LED. Eine Messung gegen Kabel, die korrekt mit ihrer Impedanz abgeschlossen/terminiert sind (z. B. Telefonkabel mit 100 Ohm Abschlusswiderstand), ist nicht möglich. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Messimpulse ist von der Beschaffenheit des Kabels abhängig. Um die Entfernung zur Fehlerstelle genau bestimmen zu können, ist es wichtig, die exakte Ausbreitungsgeschwindigkeit des Kabels zu kennen. Man spricht hier vom Verkürzungsfaktor der Lichtgeschwindigkeit (Lichtgeschwindigkeit * Verkürzungsfaktor) oder auch von der Impulslaufzeit.

Die folgende Tabelle zeigt die Impulslaufzeiten bzw. Verkürzungsfaktoren einer Auswahl von verschiedenen Kabeltypen und die Umrechnungsfaktoren auf einen jeweils anderen Kabeltyp. Wurde das Messgerät z. B. mit einem Telefon-Erdkabel kalibriert (Laufzeit $t/2 = 103\text{m}/\mu\text{s}$) und es wird nun an einem Stromkabel NYM gemessen (Laufzeit $t/2 = 77\text{m}/\mu\text{s}$), so ist der angezeigte Messwert wie folgt zu korrigieren:

$$\text{Länge}_{\text{real}} = \text{Länge}_{\text{gemessen}} * 0,74$$

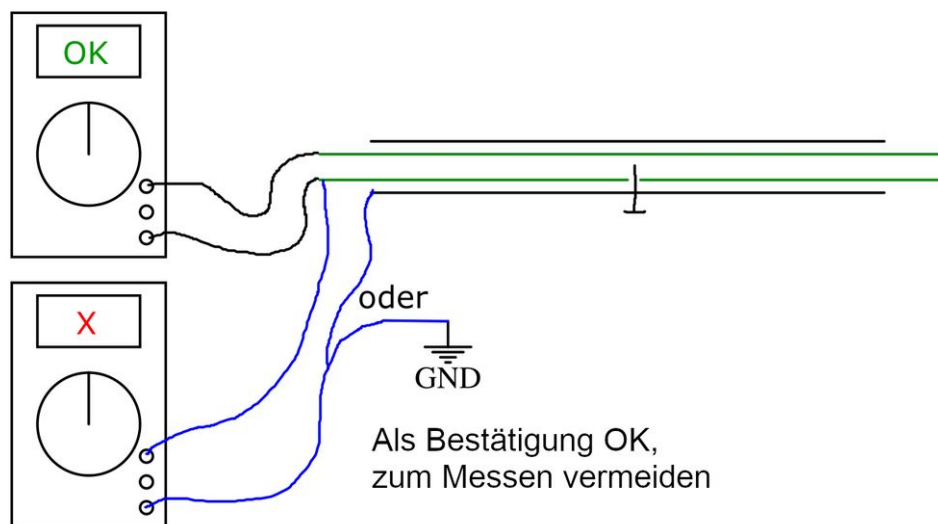
Alle Angaben in der Tabelle ohne Gewähr.

Messgerät kalibriert auf:	Verkürzungsfaktor			Impulslaufzeit t/2			Tatsächliches Kabel:							
	Min	Max	Ø	Min m/µs	Max m/µs	Ø m/µs	Strom-Außenkabel NYY-J	Strom-Innenkabel NYM-J	Koax Dielektrikum PE Schaum	Koax Dielektrikum PE massiv	Telefon-Außenkabel A-2Y(L)2Y 0,5/0,6/0,8mm	Telefon-Außenkabel A-2Y(L)2Y 0,4mm	Telefon-Außenkabel PM2Y, PWE2Y, PMY	Telefon-Innenkabel J-Y(St)Y (ohne Gewähr)
							Umrechnungsfaktor auf diesen Kabeltyp							
Strom-Außenkabel NYY-J	0,48	0,52	0,50	72	78	75	1,02	1,64	1,46	1,37	1,27	1,47	1,42	
Strom-Innenkabel NYM-J	0,48	0,52	0,51	72	78	77	0,98	1,61	1,43	1,35	1,24	1,44	1,39	
Koax Dielektrikum PE Schaum	0,77	0,87	0,82	116	131	123	0,61	0,62	0,89	0,84	0,77	0,90	0,87	
Koax Dielektrikum PE massiv	0,66	0,80	0,73	99	120	110	0,68	0,70	1,12	0,94	0,87	1,01	0,97	
Telefon-Außenkabel A-2Y(L)2Y 0,5/0,6/0,8mm	0,68	0,69	0,69	102	104	103	0,73	0,74	1,19	1,06	0,92	1,07	1,03	
Telefon-Außenkabel A-2Y(L)2Y 0,4mm	0,62	0,65	0,63	93	97	95	0,79	0,81	1,29	1,15	1,08	1,16	1,12	
Telefon-Außenkabel PM2Y, PWE2Y, PMY	0,71	0,77	0,74	106	115	111	0,68	0,69	1,11	0,99	0,93	0,86	0,96	
Telefon-Innenkabel J-Y(St)Y (ohne Gewähr)	0,67	0,75	0,71	101	113	107	0,70	0,72	1,15	1,03	0,97	0,89	1,04	
Netzwerkkabel CAT5/CAT6/CAT7	0,66	0,78	0,75	99	117	113	0,67	0,68	1,09	0,97	0,92	0,84	0,98	0,95

Beispiel: CAT5-Kabel (Messgerät kalibriert) auf NYY-J (tatsächliches Kabel) -> Messwert * 0,67

Das IRM2 liefert bis zu einer Entfernung von ca. 400m (bei Impulslaufzeit 100m/μs) zuverlässige Messwerte. Ist diese Entfernung überschritten, nimmt die Messtoleranz zu. Ab einer Entfernung von ca. 700m ist die maximale Messreichweite überschritten und es werden Kurzschluss + 0m angezeigt. In seltenen Fällen und vor allem bei Kabeln die die maximale Reichweite des Messgeräts überschreiten, kann es vorkommen, dass auch ein falscher Wert auf dem Display angezeigt wird (meist deutlich zu kurz). Um eine möglichst fehlerfreie Messung zu garantieren, sollten die folgenden Hinweise berücksichtigt werden.

Messwerte möglichst immer mit Adernpaaren ermitteln:

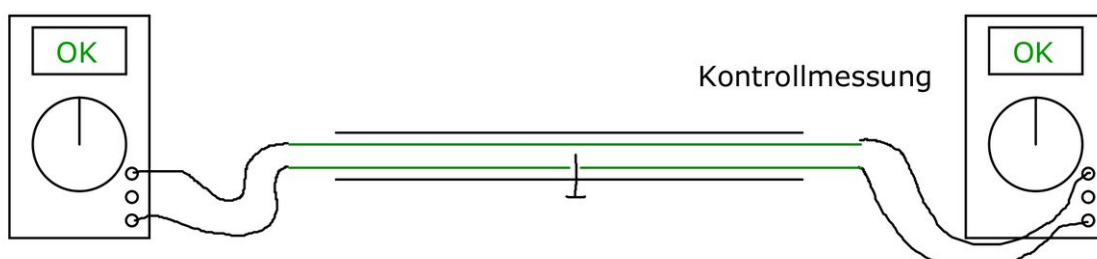


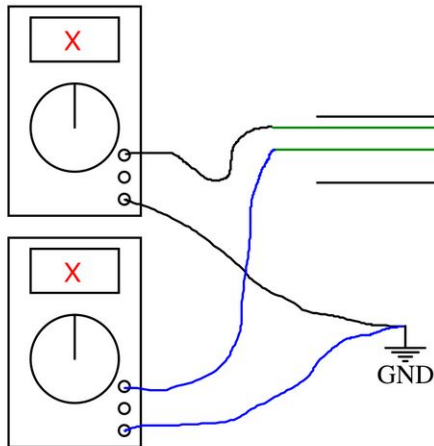
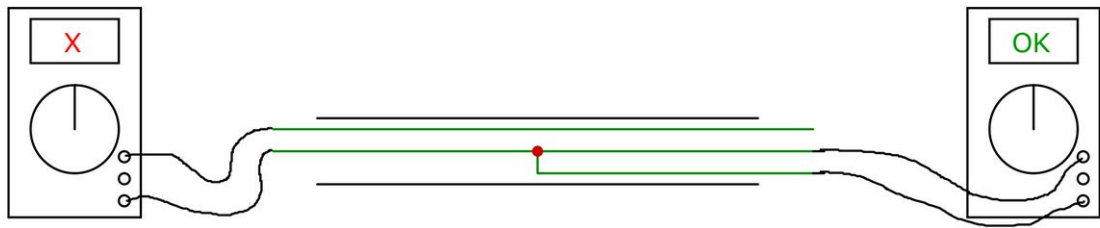
Messwerte sollten möglichst immer durch ein Adernpaar ermittelt werden. Ist z. B. von diesem Adernpaar eine Ader längenmäßig vor der anderen Ader unterbrochen (so wie im Bild, z. B. durch einen Nagel), so wird immer die Entfernung zum Ende der kürzeren Ader ausgegeben.

Eine Messung einer Ader gegen einen vorhandenen Kabelschirm oder eine Erdungsanlage/Potentialausgleich ist ebenfalls möglich, liefert aber meistens ein Ergebnis, welches einige Meter länger ist als die tatsächliche Entfernung. Sie sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden, um den Fehlerort zu bestimmen. Ausnahme: Koaxialkabel, dort geht es nicht anders (-> entsprechend kalibrieren).

Trotzdem sollte das Messergebnis durch eine weitere Messung mit einem Kabelschirm (falls vorhanden), mit Erde/Potentialausgleich oder einer weiteren Ader **bestätigt** (aber nicht ermittelt) werden. Erhält man bei der Messung mit einem Adernpaar z. B. 15m Entfernung und bei einer Messung einer Ader gegen Schirm/Erde 17-18m, so kann man davon ausgehen, dass das Messergebnis sehr wahrscheinlich korrekt ist.

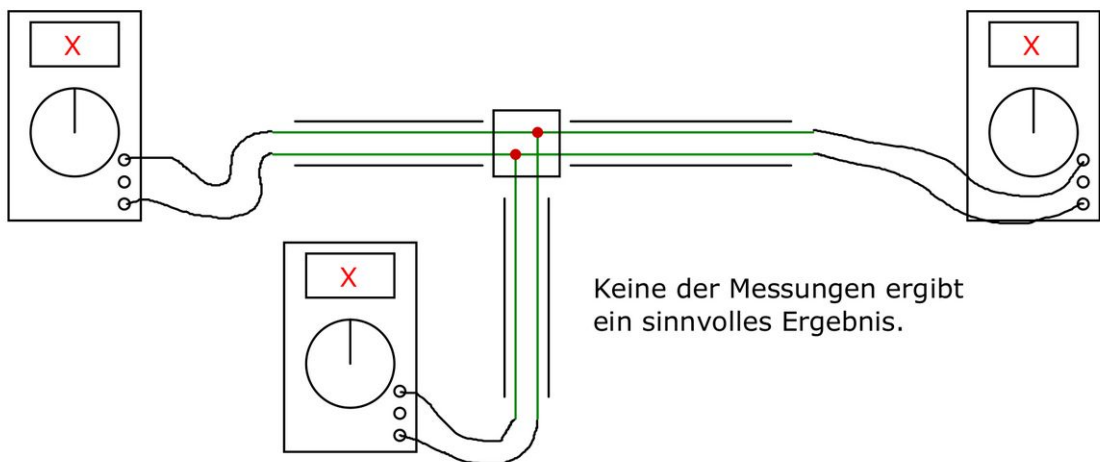
Messwerte von beiden Kabelenden ermitteln:





Hiermit kann festgestellt werden, dass ein derartiges Problem vorliegt, aber nicht wo.

Von beiden Seiten durchführen.



Keine der Messungen ergibt ein sinnvolles Ergebnis.

Messwert mit bekannter Kabellänge abgleichen:

Durch die unterschiedlichen Impulslaufzeiten der verschiedenen Kabeltypen kann sich gerade bei größeren Entfernungen eine gewisse Diskrepanz zwischen der tatsächlichen Fehlerentfernung und der gemessenen Entfernung ergeben, sollte man die Laufzeit des Kabeltyps nicht genau kennen oder erraten. Ist aber die Gesamtlänge des Kabels bekannt (z. B. durch auf dem Kabel aufgedruckte Meterangaben am Anfang und am Ende), so kann die Messung mit den folgenden Formeln korrigiert werden.

Bei einer Messung mit zwei weiteren einwandfreien Adern (= Gesamtlänge des Kabels ermittelt):

$$\text{Länge}_{\text{Fehler_korr}} = \text{Länge}_{\text{Fehler}} * \text{Gesamtlänge}_{\text{real}} / \text{Gesamtlänge}_{\text{gemessen}}$$

Bei einer Messung mit der Fehlerader von beiden Seiten:

$$\text{Länge}_{\text{Fehler_korr_A}} = \text{Länge}_{\text{Fehler_A}} * \text{Gesamtlänge}_{\text{real}} / (\text{Länge}_{\text{Fehler_A}} + \text{Länge}_{\text{Fehler_E}})$$

($\text{Länge}_{\text{Fehler_A}}$ = Messwert vom Kabelanfang, $\text{Länge}_{\text{Fehler_E}}$ = Messwert vom Kabelende)

Abschließende Worte:

Das IRM2 ist ein praktisches Messgerät, welches einen TDR ergänzen, aber nicht komplett ersetzen kann. Dennoch können, mit etwas Erfahrung und Praxiswissen, mit dem Messgerät viele Fehler schnell und einfach geortet werden und es ist daher eine sinnvolle Ergänzung für jede Werkzeugkiste.

Dieses Dokument, sowie die Baupläne stehen unter der Lizenz CC BY-NC-SA 3.0 und dürfen somit privat verwendet werden, sofern die Lizenzbedingungen eingehalten werden. Eine kommerzielle Nutzung ist vorbehalten.

Ich übernehme keine Haftung für etwaige Schäden und Probleme, die bei der Herstellung und Anwendung des Messgeräts entstanden sind. Alle Angaben aus diesem Dokument sind ohne Gewähr. Ich kann weder eine CE-Konformität, noch irgendetwas anderes nachweisen. Ich kann nicht ausschließen, dass durch die Anwendung des Messgeräts Dienste auf dem selbigen Kabel oder auch in der Nähe gestört werden. You have been warned.