

Workshop – Messen: Multimeter und Digital Oszilloskop

Im Digitallabor des RUB-Makerspace

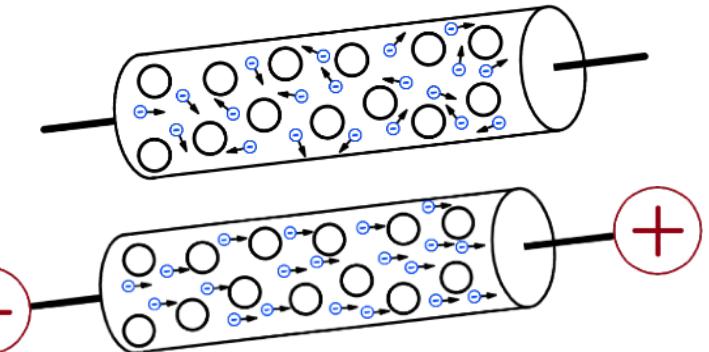


Überblick

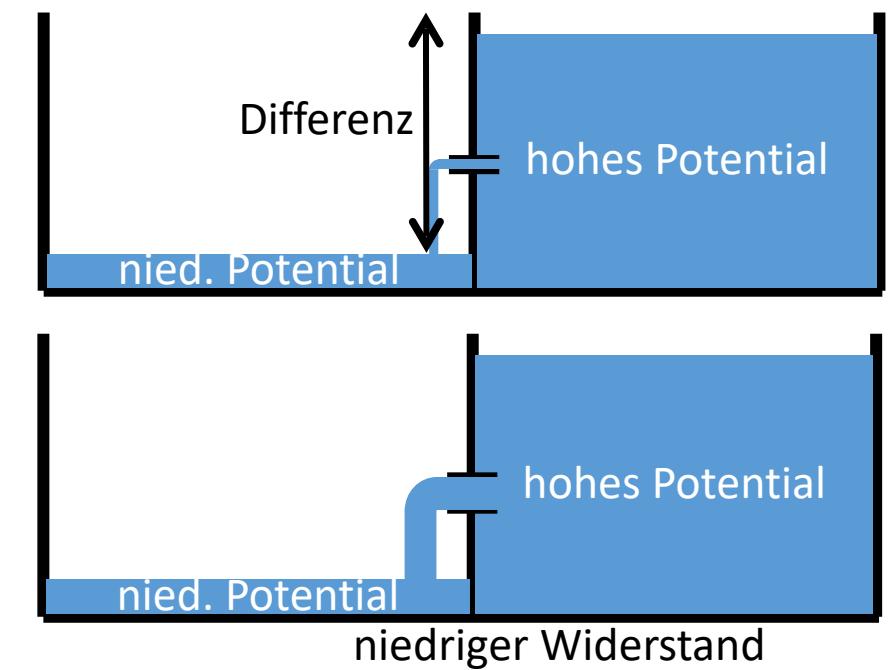
- Grundbegriffe
- Was wird gemessen, visualisiert und/oder geprüft?
- Multimeter
- Oszilloskop
 - Analoge und digitale Signale
 - Frequenz
 - digitale Signale und Kommunikationsprotokolle
- Sonstiges

Grundbegriffe (1)

- Strom (I) Einheit: Ampere
 - Bewegung von Ladungsträgern (z.B. Elektronen) durch einen Leiter
- Spannung (U) Einheit: Volt
 - Differenz des elektrischen Potentials
 - Hohe Differenz = Hohe Spannung
- Widerstand (R) Einheit: Ohm
 - „Schwierigkeit“ für den Stromfluss
 - Abhängig z.B. vom Material des Leiters



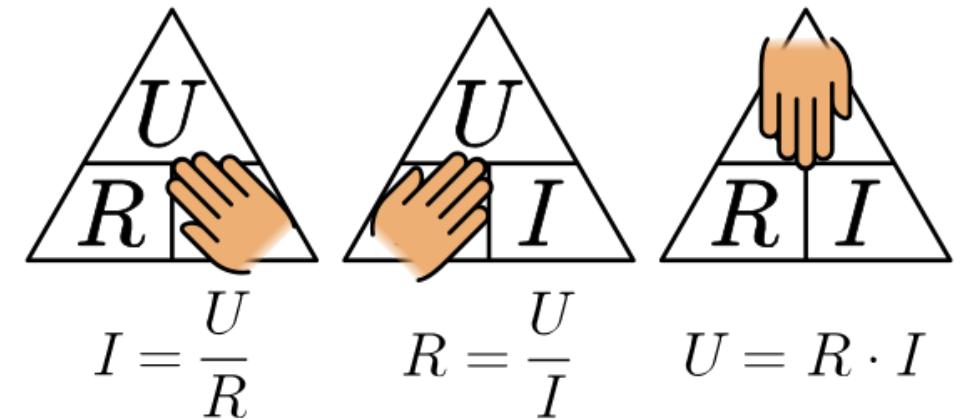
Lorna Ngole, Stromfluss (CC BY-SA 4.0)



Lorna Ngole, Differenz (CC BY-SA 4.0)

Grundbegriffe (2)

- Ohmsches Gesetz (- oder wie hängen Spannung U , Widerstand R und Strom I zusammen?)
 - Bei gleichbleibender Spannung U : Je größer der Widerstand R , desto geringer der Strom I .
 - Bei konstantem Strom I : Je größer der Widerstand R , desto größer der Abfall der Spannung U .

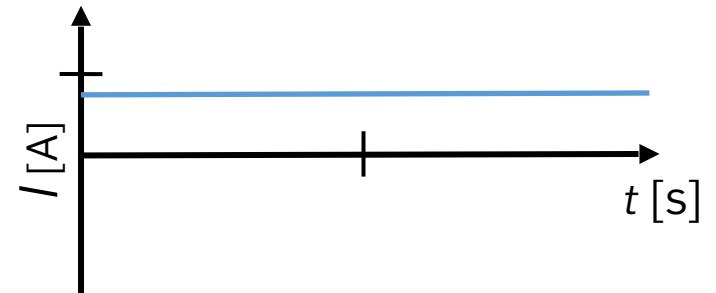

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \quad U = R \cdot I$$

Mike Run: Ohm's-law-triangle
URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ohm%27s-law-triangle.svg> (CC BY-SA 4.0)

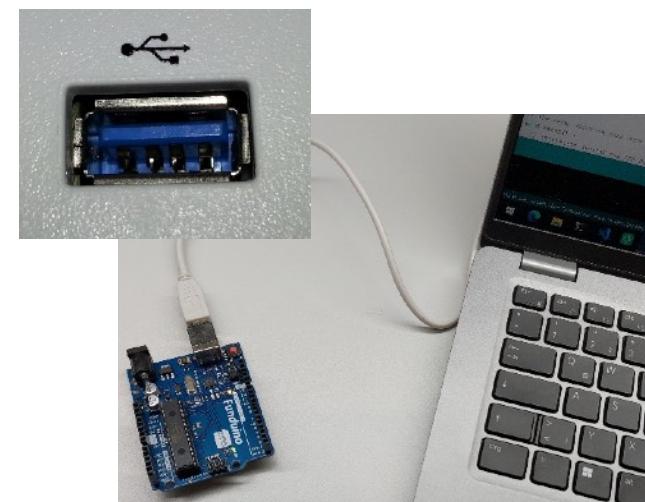
Grundbegriffe (3)

- Gleichstrom (**D**irect **C**urrent - **DC**)
 - Die Stromstärke I [A] bleibt über den zeitlichen Verlauf t [s] konstant
 - Gleichstrom begegnet uns typischerweise im Haushaltsbereich (Computer, Audio- und Videogeräte, Beleuchtung, Heimwerkzeuge etc.). Auch Microcontroller werden i.d.R. mit Gleichstrom betrieben.
 - Gleichstromquellen sind: Batterien, Akkumulatoren (z.B. Powerbank), Handyladegerät, USB-Ports am Computer etc.
 - Der Strom, der aus der Steckdose kommt, ist **kein** Gleichstrom, sondern Wechselstrom. Die Umwandlung des Stroms erfolgt in den Netzteilen der einzelnen Geräte.

Gleichstrom (DC)



RUB-Makerspace Team, Gleichstromverlauf (CC BY-SA 4.0)



RUB Makerspace-Team: Per USB an einem Laptop angeschlossener Arduino (CC BY-SA 4.0)

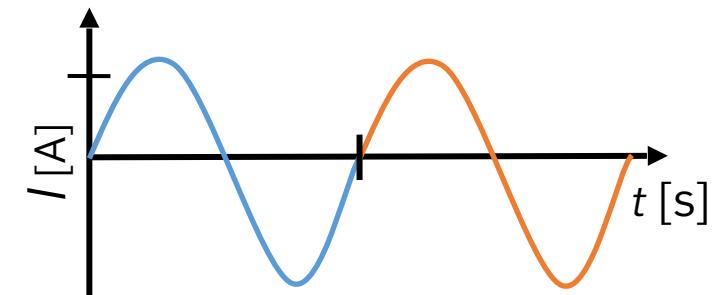


Ssawka: Cordless screwdriver and components (CC BY-SA 3.0)

Grundbegriffe (4)

- Wechselstrom (**Alternating Current - AC**)
 - Die Stromstärke I [A] weist einen sinusförmigen Verlauf über die Zeit t [s] auf
 - Die Elektrische Energieversorgung geschieht mit Wechselstrom. Dies liegt an der einfachen Transformation von der dazugehörigen Wechselspannung...
 - ... auch der Strom aus der Steckdose ist Wechselstrom!
 - Asynchronmaschinen (z.B. „Motoren“ von Elektrofahrzeugen) benötigen Wechselspannung
 - Zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom werden sog. Gleichrichter verwendet, zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom sog. Wechselrichter.

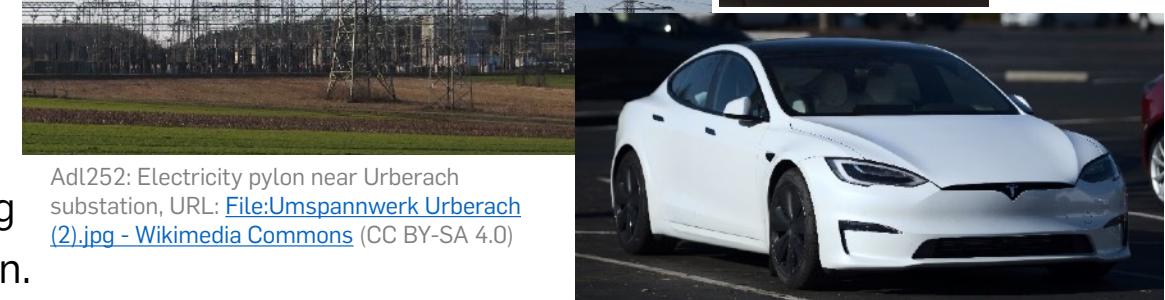
Wechselstrom (AC)



RUB-Makerspace Team: Wechselstromverlauf (CC BY-SA 4.0)



RUB-Makerspace Team: Steckdose im RUB-Makerspace (CC BY-SA 4.0)

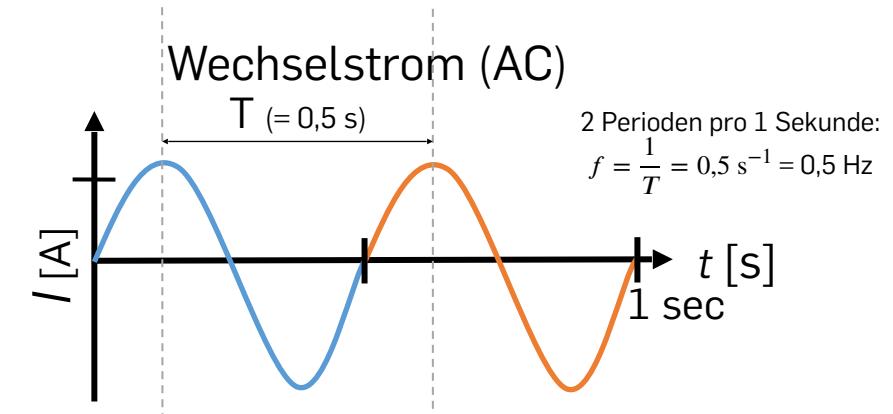


Adl252: Electricity pylon near Urberach substation, URL: [File:Umspannwerk Urberach \(2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Umspannwerk_Urberach_(2).jpg&oldid=1500000) - Wikimedia Commons (CC BY-SA 4.0)

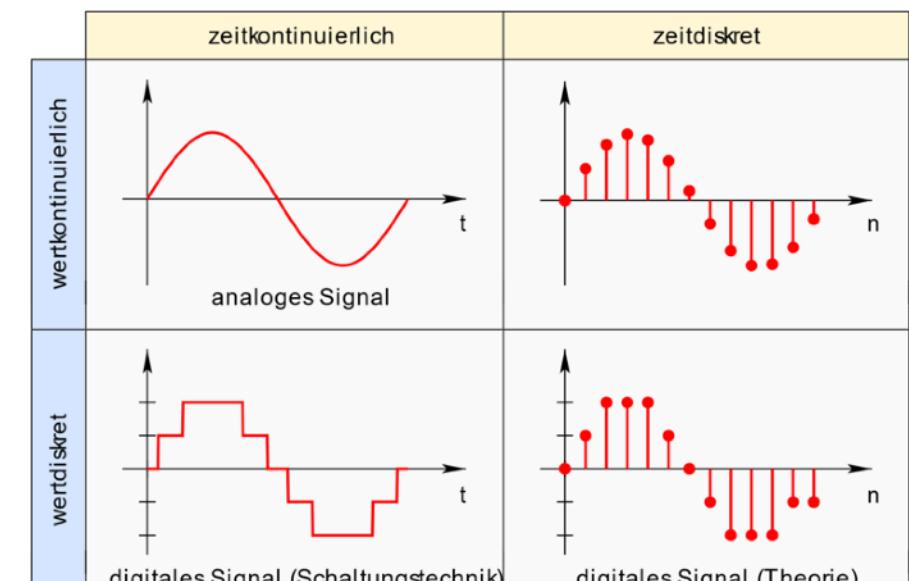
Dllu: A 2021 Tesla Model S Long Range, URL: [2021 Tesla Model S P2 Long Range front right view.jpg \(11662x8744\) \(wikimedia.org\)](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:2021_Tesla_Model_S_P2_Long_Range_front_right_view.jpg&oldid=116628744) (CC BY-SA 4.0)

Grundbegriffe (5)

- Periodendauer T [s]
 - Zeit zwischen zwei Punkten, wo das Signal den gleichen Wert aufweist
- Frequenz f [$s^{-1} = Hz$]
 - Kehrwert der Periode, d.h. $f = 1/T$
 - Gibt an wie viele Perioden in einer bestimmten Zeiteinheit auftreten
- Signal
 - Messbare physikalische Größe (z.B. elektrische Spannung)
 - **Analoges Signal:** weist einen zeitlich kontinuierlichen, stufenlosen Verlauf auf
 - **Digitales Signal:** wird durch diskrete Werte beschrieben



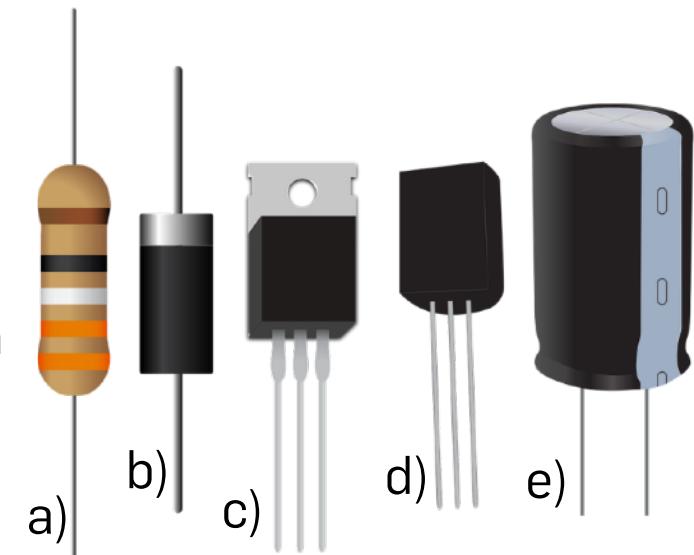
RUB-Makerspace Team, Wechselstromverlauf zur Veranschaulichung von Periodendauer und Frequenz (CC BY-SA 4.0)



wdwd, Übersicht über kontinuierliche und diskrete Signale, URL: [File:Übersicht kontinuierliche und diskrete Signale.svg - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 3.0)

Was messen wir? (Beispiele)

- a) Widerstände:
 - Bauteile, mit denen ohmscher Widerstand realisiert werden kann
- b) Dioden (Durchgang):
 - Dioden sind Bauteile, die Strom nur in einer Richtung passieren lassen
- c) MOSFETs (Strom, Spannung):
 - Schaltelemente zum Steuern des Stromfluss in Abhängigkeit einer anliegenden Spannung
- d) Transistoren (Strom, Spannung, Widerstand):
 - Schaltelemente zum Steuern und Verstärken von Strömen und Widerständen
- e) Kondensator (Kapazität):
 - Speicher elektrischer Energie (Analogie Energieerhaltung: Mechanische Feder wird gespannt, Kondensator wird mit Elektronen beladen)



a) Widerstand, b) Diode, c) MOSFET, d) Bipolar Transistor, e) Kondensator
 Sinisamaric1: diode-widerstand-kondensator (Pixabay Lizenz) URL:
<https://pixabay.com/de/vectors/diode-widerstand-kondensator-1719908/>

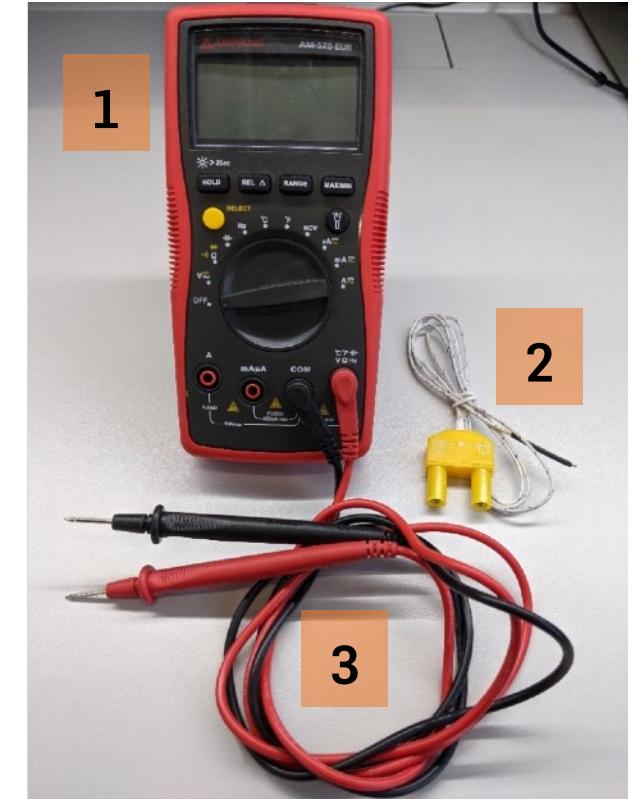
Was messen wir sonst noch?

- AC- und DC-Spannung
- Digitale Signale
- Frequenz
- Temperatur
- Durchgang
- ...

Multimeter

Multimeter

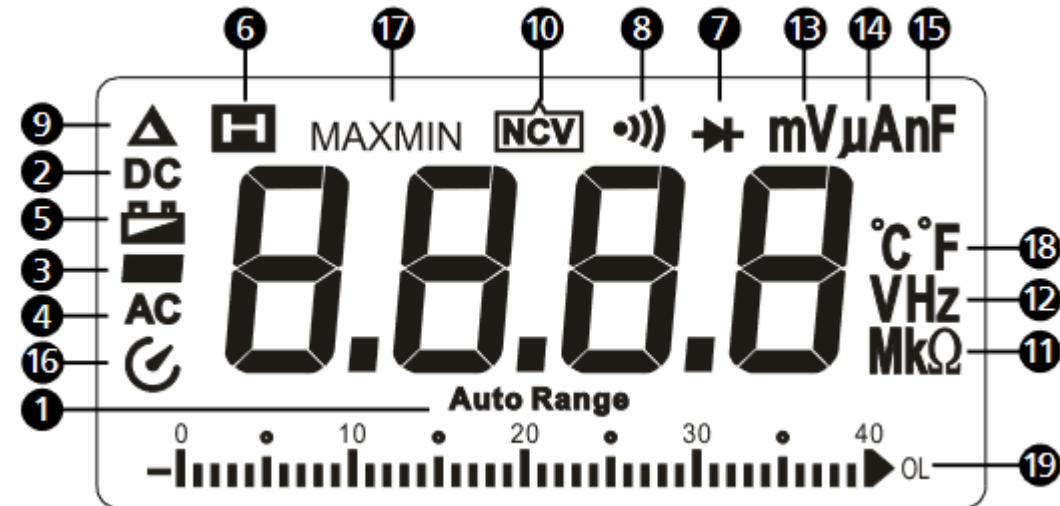
- Misst :
 - Werte von Bauteile (Widerstand, Kapazität)
 - AC- und DC-Strom
 - AC- und DC-Spannung bis 600V
 - Temperatur
 - Frequenz
- Prüft:
 - Durchgang
 - Dioden
 - Hochspannung



Lorna Ngole - (1)Multimeter AMPROBE 520, (2) Temperatursonde und (3)Messprobe (CC BY-SA 4.0)

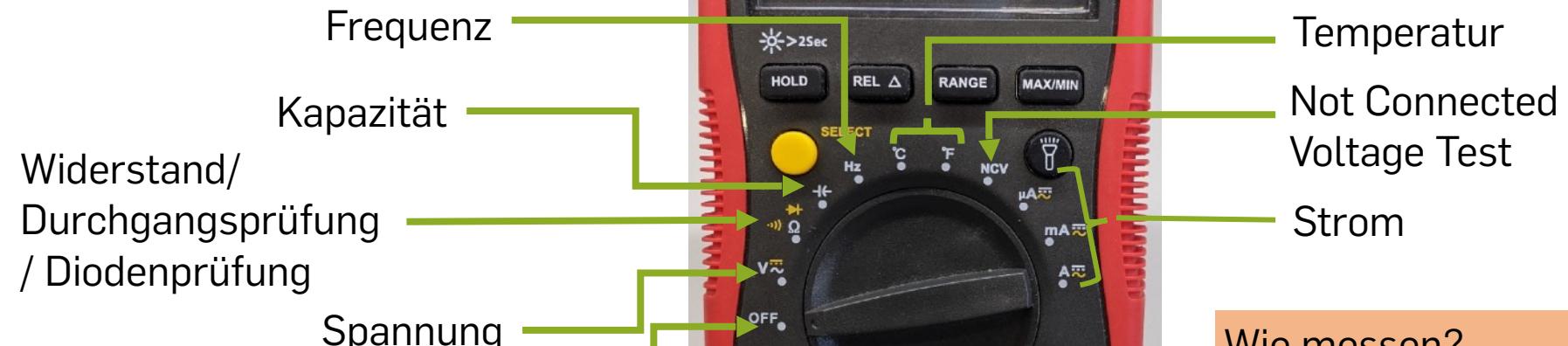
Multimeter

1. Das Messgerät wählt den Bereich mit der besten Auflösung
2. Gleichstrom
3. Negativer Messwert
4. Wechselstrom
5. Anzeige für schwache Batterie
6. Datenhaltemodus
7. Diodenprüfung
8. Durchgangsprüfung
9. Relativ-Null-Modus
10. Berührungslose Spannung
11. Messeinheit für Widerstand
12. Messeinheit für Frequenz
13. Messeinheit für Spannung
14. Messeinheit für Stromstärke
15. Messeinheit für Kapazität
16. Automatische Ausschaltung
17. Max.-/Min.- Messwertspeicher
18. Messeinheit für Temperatur
19. Analogbalkendiagramma nzeige



Anzeige von Multimeter AMPROBE 520
Quelle: Bedienanleitung von AMPROBE 520

Multimeter



1 – 2: Kanäle für die Strommessung

3: Alle anderen Messungen

Wie messen?

- Fühler anschließen
- Funktion mit dem Knopf aktivieren
- Select-Knopf drücken, um weitere Funktionen an der Stelle zu aktivieren

Lorna Ngole - Multimeter AMPROBE 520 (CC BY-SA 4.0)

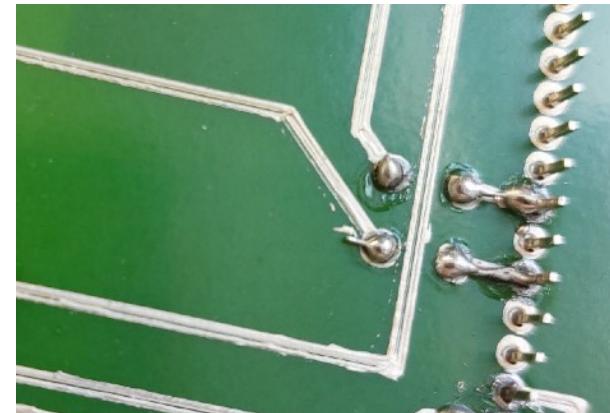
Multimeter

Aufgabe (1/2)

1. Messen sie den Durchgang an einem elektrischen Leiter (z.B. Leiterbahn auf einer Platine, Lötstelle, Kabel etc.)

2. Messen Sie die Spannung einer Batterie.

3. Wie viel Ohm hat der gezeigte Widerstand/haben die gezeigten Widerstände?



RUB Makerspace-Team: Beispielhafte Leiterbahnen und Lötstellen auf einer Platine (CC BY-SA 4.0)



King of Hearts: Diagram of a standard AA battery, with a scale of 1 mm = 1, URL: [File:AA battery size.svg - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 3.0)

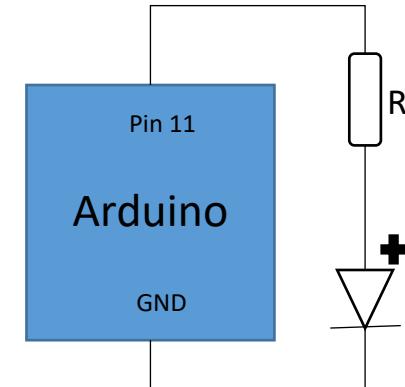


Afrank99: 3 Widerstand-Bauteile, URL: [File:3 Resistors.jpg - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 2.5)

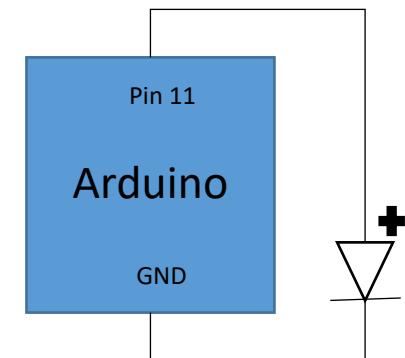
Multimeter**Aufgabe (2/2)**

4. Laden Sie das Programm „Multimeter 1“ auf den Mikrocontroller
 - Messen Sie die Werte des Widerstands R
 - Prüfen Sie vorher den Diodengang
 - Bauen Sie den Schaltkreis aus Abb. 4 auf
 - Messen Sie die Spannung über die Diode und den fließenden Strom

5. Laden Sie das Programm „Multimeter 2“ auf den Mikrocontroller
 - Bauen Sie den Schaltkreis aus Abb. 4 auf
 - Messen Sie die Frequenz, die der Helligkeit der Diode entspricht



Lorna Ngole - Steuerung der Diode v1 (CC BY-SA 4.0)



Lorna Ngole - Steuerung der Diode v2 (CC BY-SA 4.0)

Oszilloskop

Workshop - Messen

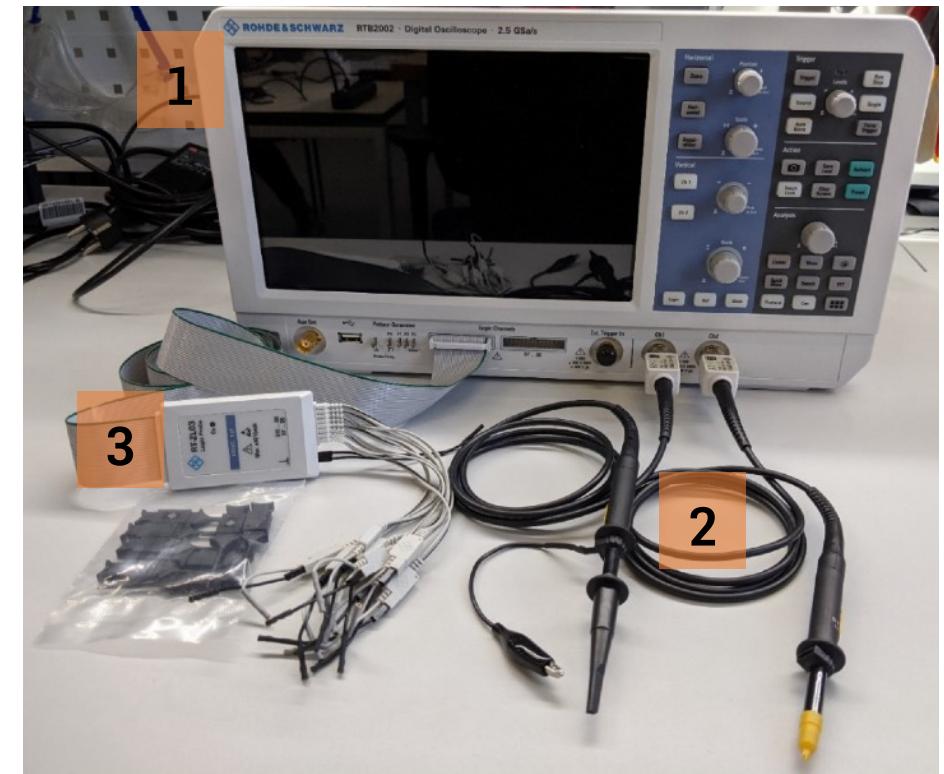


RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB

Oszilloskop

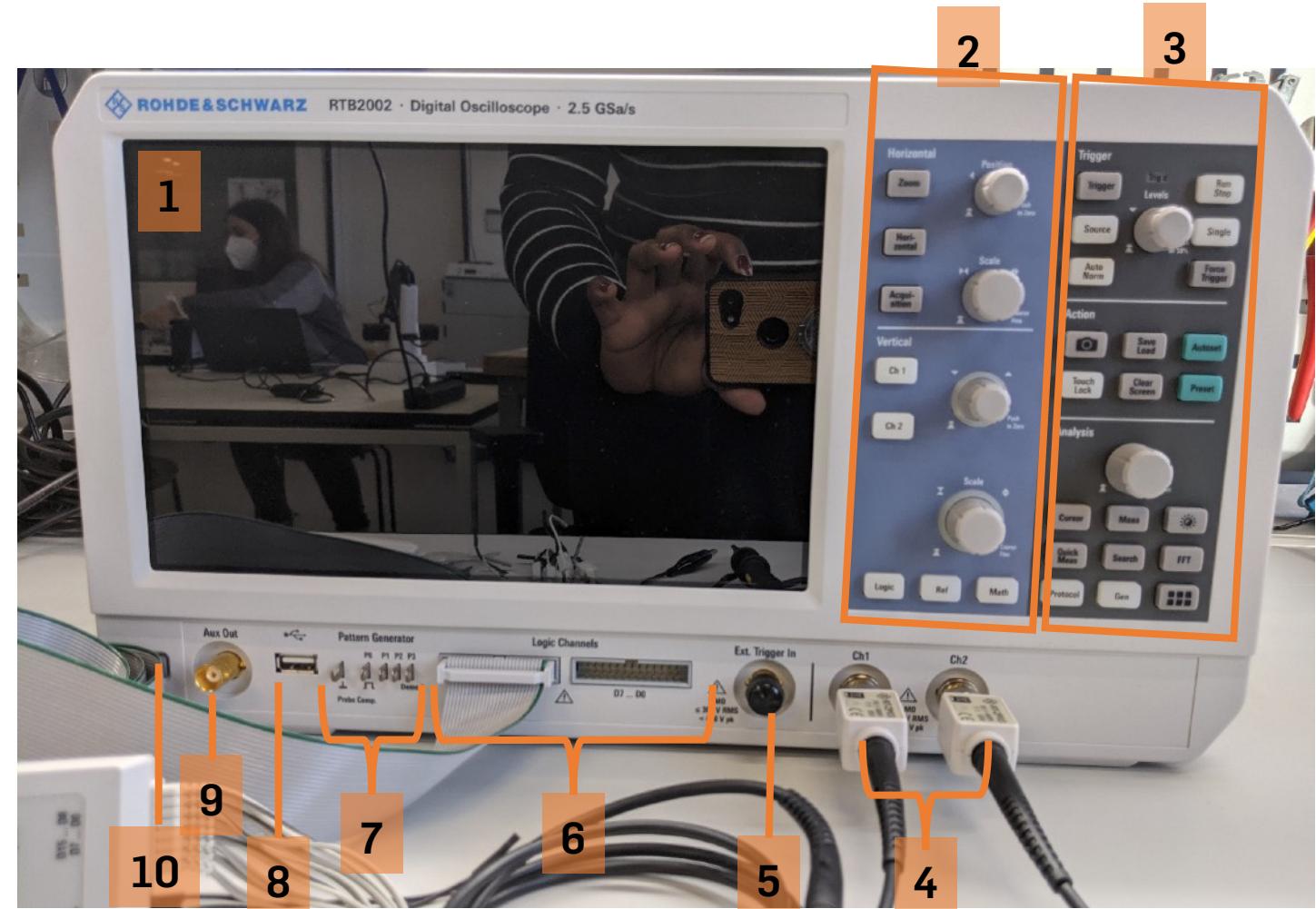
- Visualisierung von
 - Analogen und digitalen Signalen
 - Frequenzen
 - digitalen Signalen und Kommunikationsprotokollen
- Funktionen
 - Transiente Analyse
 - Fast Fourier Transform
 - Signale addieren, Subtrahieren, multiplizieren und dividieren
 - Signale und Pattern generieren



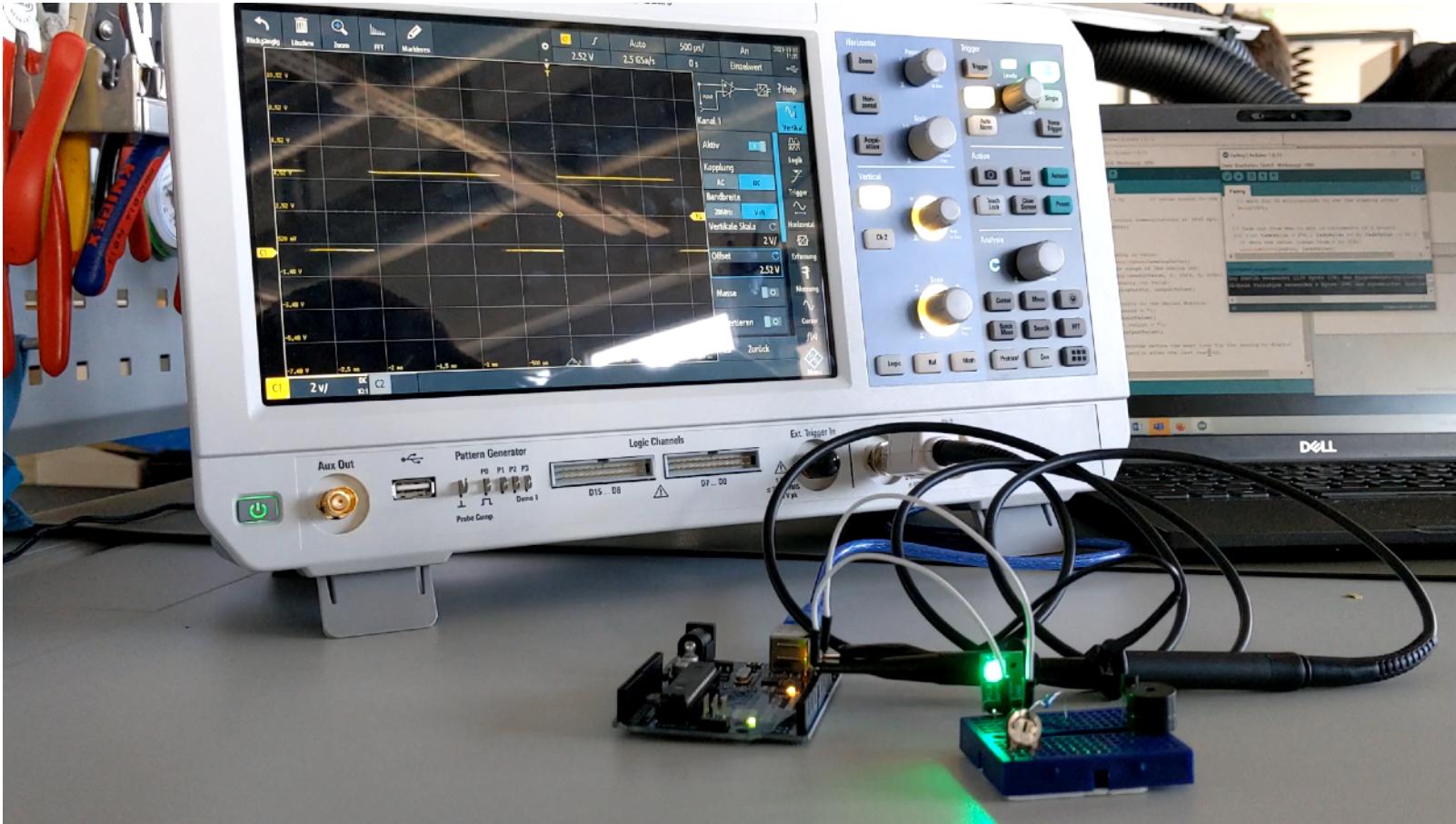
Lorna Ngole - (1)Oszilloskope RTB2002, (2)Tastteiler und (3)RT-ZL03 Modul (CC BY-SA 4.0)

Oszilloskop

1. Touchscreen
2. Bedienelemente für horizontale und vertikale Einstellungen
3. Bedienelemente für Triggereinstellungen, Aktion und Analyse
4. Analoge Eingangskanäle
5. Externer Triggereingang
6. Logiktastkopfanschlüsse
7. Anschlüsse für Tastkopfkompensation und optionalen Mustergenerator
8. USB-Anschluss
9. Anschluss Aux Out
10. (Standby) Taste



Analoge und digitale Signale



Workshop - Messen

Analoge und digitale Signale

Aufgabe:

Ihr Arduino ist mit das Programm „Oszilloskop1“ programmiert und steuert ein LED, damit seine Helligkeit variieren kann.

Lassen Sie das Signal aus dem Mikrocontroller zur Steuerung des LED auf dem Oszilloskop darstellen. Ermitteln Sie die folgende Informationen aus dem Signal.

- Amplitude
- Mittlerer Wert
- Die Periode oder die Frequenz
- Die Anzahl der positiven Flanke

Wir wollen dieses Signal mit doppelter Amplitude für die Steuerung einer weiteren Schaltung erzeugen. Lassen Sie das Signal mit doppelter Amplitude auf der Oszilloskop visualisieren.

Frequenz

- Darstellung von periodische Signale durch Fast Fourier Transform
- Überführung von Zeitsignalen in den Frequenzbereich
- Verschiedene Fensterfunktion: Hanning, Hamming, Blackman, Flat Top und Rechteck
- Kriterien von Selektion einer Fensterfunktion : Breite des Hauptmaximums, relative Amplitude des Nebenmaximums, die Frequenzanteile, Leck-Faktor...



Lorna Ngole - FFT-Button auf der Oszilloskop RTB2002 (CC BY-SA 4.0)

Frequenz

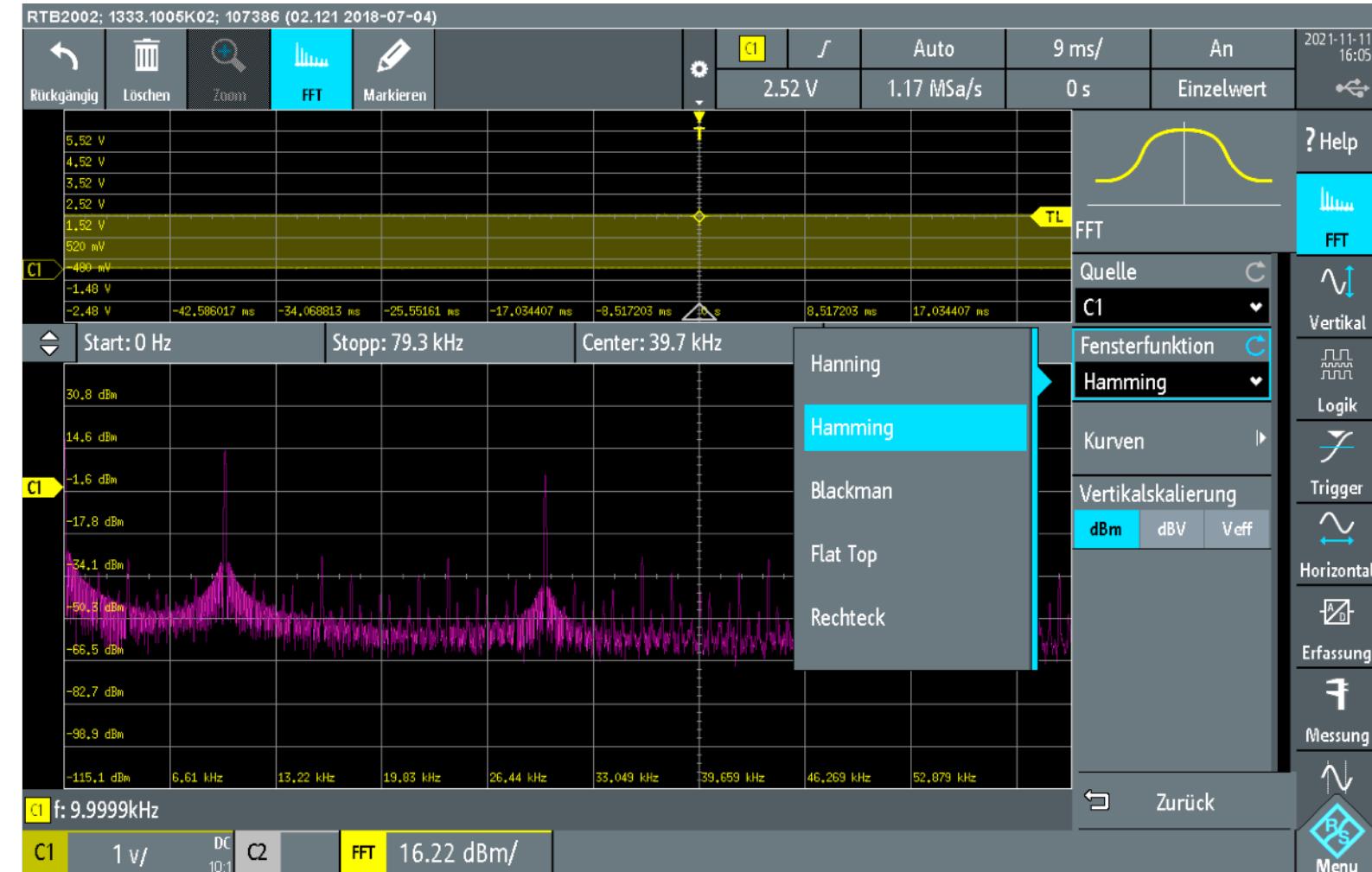
- Fensterfunktion „Hanning“
 - zur präzisen Messung der Amplituden eines periodischen Signals



Lorna Ngole - Fensterfunktion Hanning (CC BY-SA 4.0)

Frequenz

- Fensterfunktion „Hamming“
 - zur präzisen Messung der Amplituden eines periodischen Signals
- NB: Sie weißt ein höheres Rauschenniveau im vergleich zu anderer Funktionen aber kleiner als das von der Rechteckfunktion



Lorna Ngole – Fensterfunktion Hamming (CC BY-SA 4.0)

Frequenz

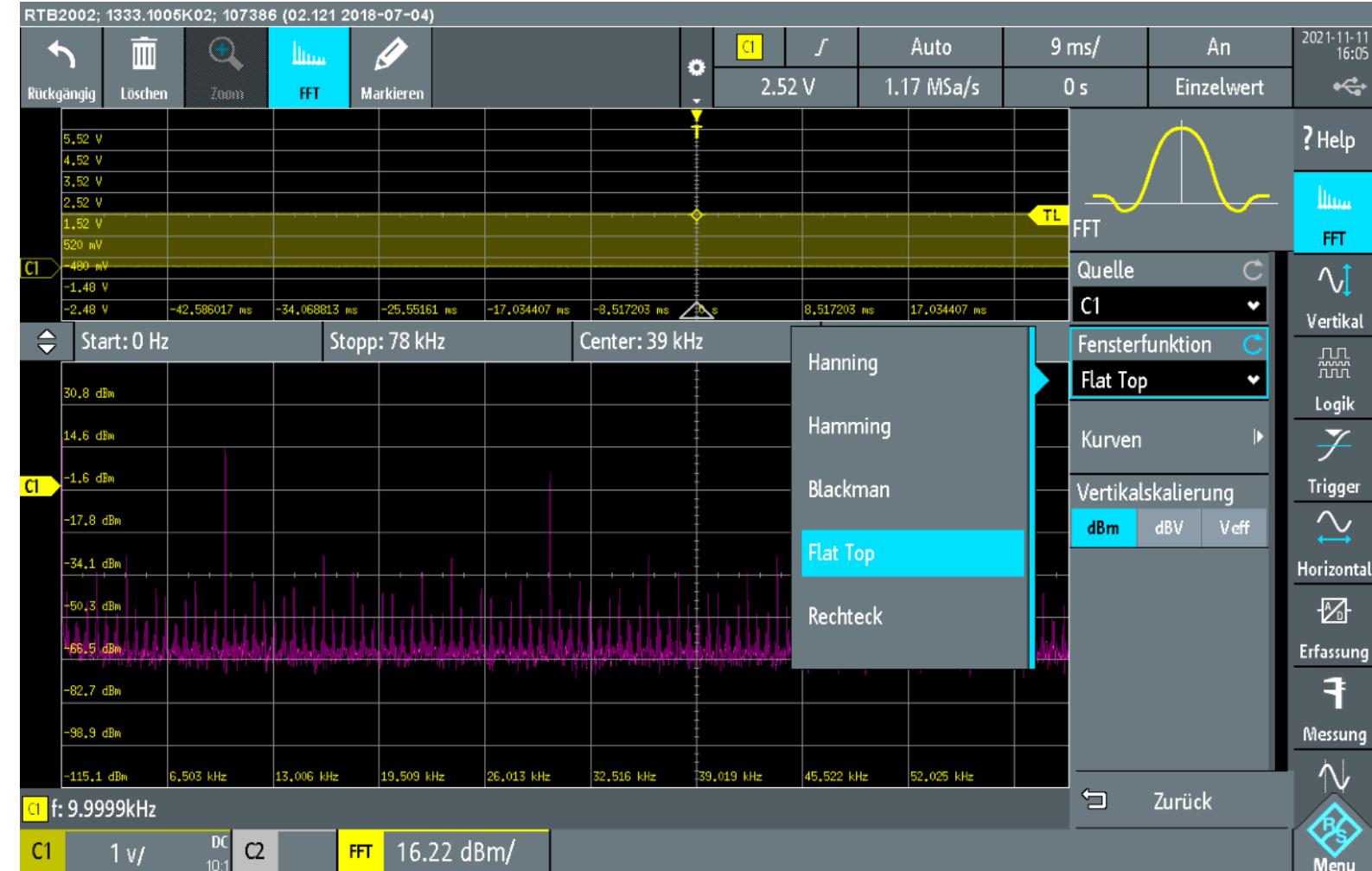
- Fensterfunktion „Blackman“
 - zur Messung von Signalen mit einzelnen Frequenzen zur Erkennung von Oberschwingungen und genauen Einzeltonmessungen



Lorna Ngole - Fensterfunktion Blackman (CC BY-SA 4.0)

Frequenz

- Fensterfunktion „Flat Top“
 - Für genaue Einzeltonmessungen und zur Messung der Amplituden von sinusförmigen Frequenzkomponenten



Lorna Ngole - Fensterfunktion Flat Top (CC BY-SA 4.0)

Frequenz

- Fensterfunktion „Rechteck“
 - zur Messung der Separation von zwei Tönen mit nahezu gleicher Amplitude und geringem Frequenzabstand



Frequenz

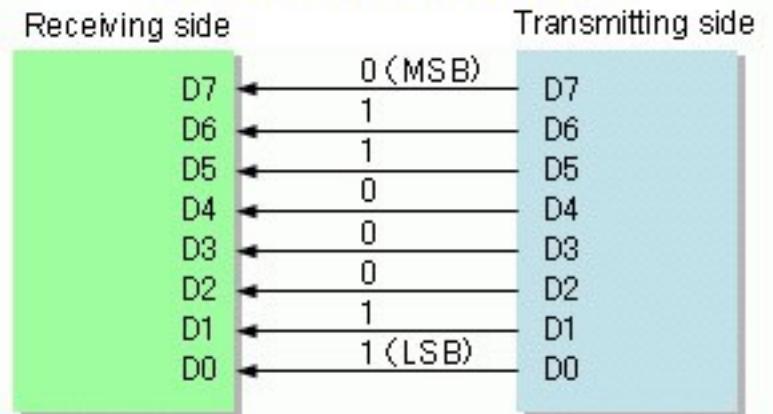
- Aufgabe
 - Überführung des Signal von Zeitbereich in Frequenzbereich
 - Welche Frequenzen sind zu beobachten?
 - Verwenden Sie die Funktion „Cursor“
 - Welche Fensterfunktion passt für das dargestelltes Signal am bestens?
 - Rechteckiges Signal
 - Sinusförmiges Signal

Digitale Signale und Kommunikationsprotokolle

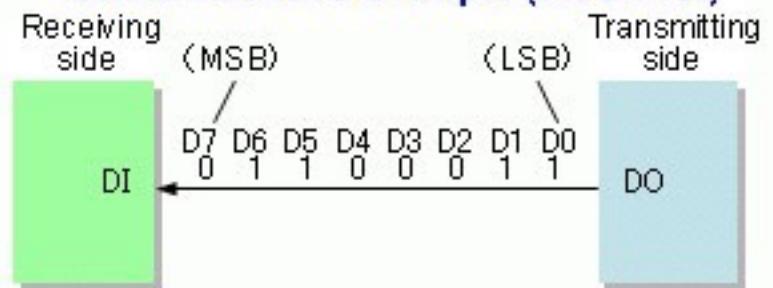
| | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Kommunikation s-protokoll | Parallel | Seriell |
| Synchron | ISA, ATA, SCSI, PCI and IEEE-488 | I2C, SPI, CAN, LIN, USB |
| Asynchron | | UART, TTL, Ethernet (RS-232), RS-422 |

Lorna D. Ngole N. – Kommunikationsprotokolle (CC BY-SA 4.0)

Parallel interface example

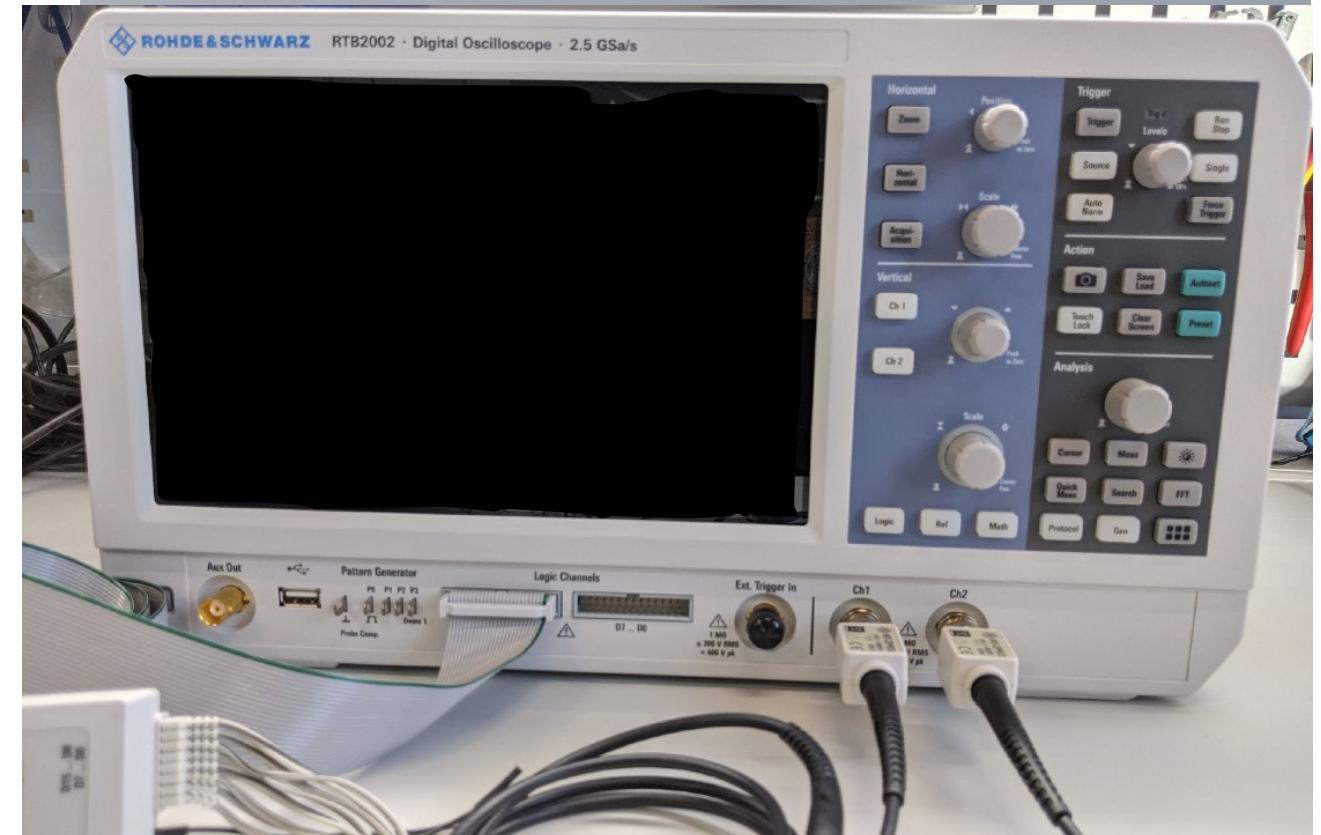


Serial interface example (MSB first)



SyamilAshri: Parallel and serial transmission (CC-BY-SA-3.0) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parallel_and_Serial_Transmission.gif

Digitale Signale und Kommunikationsprotokolle



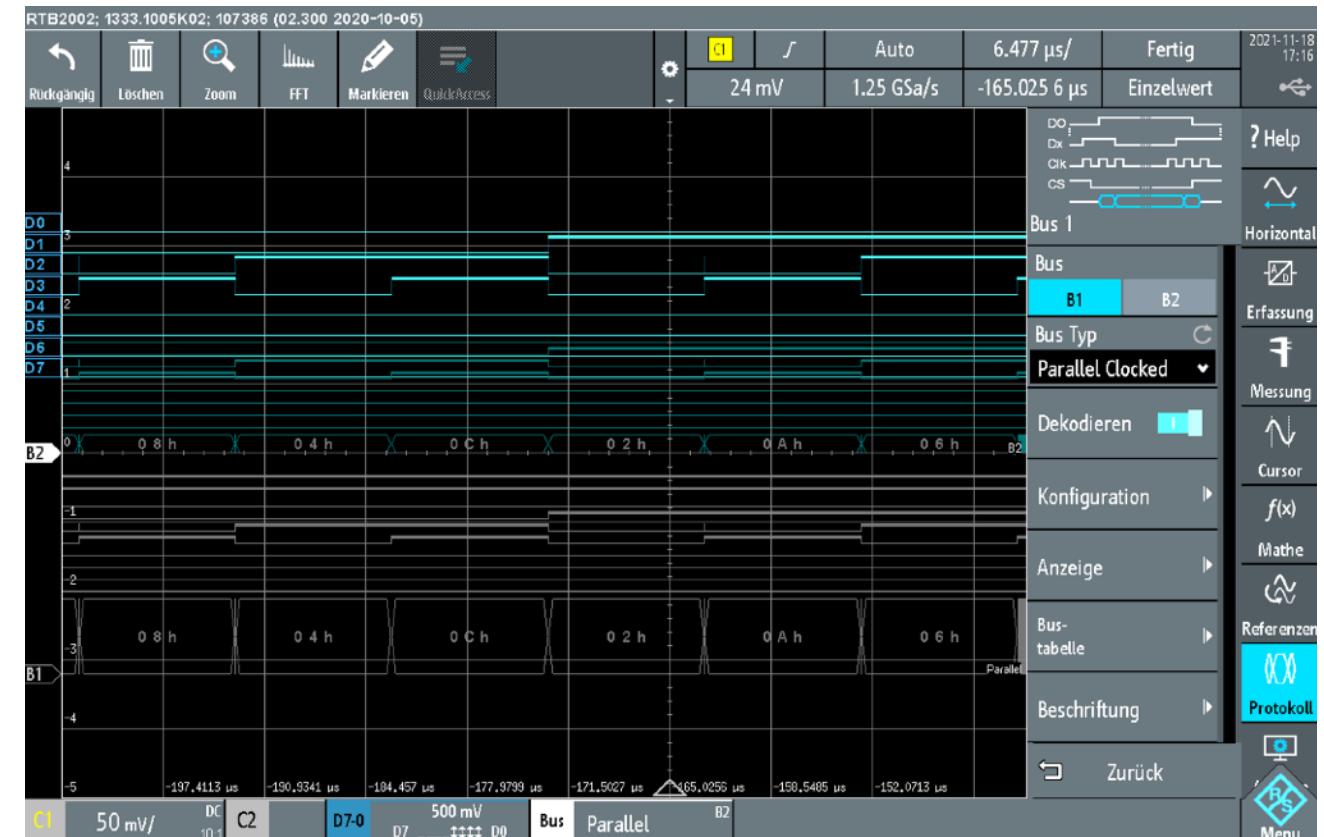
Lorna Ngole - Logik- und Protocol-Button auf der Oszilloskop RTB2002 (CC BY-SA 4.0)

Digitale Signale und Kommunikationsprotokolle

- Laden Sie das Programm „logik_analyzer“ auf dem Mikrocontroller herunter.

Digitale Signale

Decodierte Signale aus
dem parallelen Bus



Lorna Ngole - Protocolanalyse (CC BY-SA 4.0)

Sonstiges

- „Save load“ anklicken
- Bildschrimfoto speichern
- Messkurvendaten (.bin, .csv, .txt, .flt und .trf) speichern
- Um Messkurvendaten als Referenzmesskurve erneut laden zu können, müssen sie im TRF- oder CSV-Format gespeichert sein

Nützliche Links

- Multimeter
 - [So funktioniert ein Multimeter | reichelt packt's an – YouTube](#) (Video)
 - [DAS BESTE Multimeter-Tutorial \(HD\) – YouTube](#) (Video)
- Oszilloskop
 - [Ein außergewöhnliches Oszilloskop ! RTB2002 , RTB2004 , RTB2000 Serie – YouTube](#) (Video zu dem Oszilloskop im Digitallabor)

Quellen/Bildnachweise

- Alle nicht näher gekennzeichneten Abbildungen wurden eigenständig angefertigt. Fremde Abbildungen wurden als solche kenntlich gemacht und können über dieses Verzeichnis nachgeschlagen werden.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Fensterfunktion>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_communication
- https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_communication

-  makerspace@rub.de
-  <https://makerspace.rub.de/>
-  [RUB Makerspace](https://www.youtube.com/c/RUBMakerspace)
-  [@rubmakerspace](https://twitter.com/rubmakerspace)
-  [@rubmakerspace](https://www.instagram.com/rubmakerspace)