

KO und DMM anwenden

Eine Zusammenstellung von Infos und Uebungen zum Thema Oszilloskop und Multimeter.

KO = Kathodenstrahl-Oszilloskop, DMM = Digital-Multimeter

1. Wo und für welche Art von Messungen wird der KO eingesetzt, wo ein DMM?

KO:

für qualitative Aussagen, Signalformen und Signalverlauf, Amplituden-, Phasen- und Zeitverhältnisse.

DMM:

für genaue quantitative Aussagen, falls die einwandfreie Funktion der Schaltung gesichert ist. Das DMM liefert die Zahlen und Messwerte fürs Protokoll.

Beispiele, bitte ankreuzen:

Messung	mit KO	mit DMM	mit Digital-Frequenzmesser
Widerstandsbauteil ausserhalb der Schaltung messen			
Einfacher Diodentest, ausserhalb der Schaltung			
DC-Referenzspannung einer Baugruppe verifizieren/protokollieren			
Ausgangssignal eines Funktionsgenerators einstellen			
Unbekannter Kondensatorwert, ausserhalb der Schaltung			
Ist das Clocksignal einer Mikrocontroller-Baugruppe vorhanden?			
Frequenz eines Referenzoszillators protokollieren			
5V-Betriebsspannung in einer digitalen Schaltung überprüfen			
Wert der 5V-Betriebsspannung protokollieren			
Schmelzsicherung überprüfen			
9V-Batterie testen			
Ausgangssignal eines Verstärkers überprüfen			
Ist der ausgelötete Transistor defekt?			
Ueberprüfung eines bestückten Transistors			
In-Circuit-Ueberprüfung eines Operationsverstärkers			
Netzspannung vorhanden und ok? (!!)			
Ist die Ausgangsspannung des Speisegeräts = 8,5 V?			
Stromaufnahme der Baugruppe für das Messprotokoll aufnehmen			

Grundsätzlich gilt:

Für alle Hardware-Arbeiten und Messungen den KO bereithalten. Auch beim Erstellen und Austesten von Mikrocontroller-Software (Embedded Systeme) ist ein KO vorteilhaft: "...ist der ausgegebene Puls an Port B auch wirklich vorhanden...?".

2. Können die Messfunktionen eines Digital-KO ein normales DMM ersetzen?

Der Digital-KO mit Messfunktionen (Measure-Menu) ist normalerweise *kein Ersatz* für ein genaues DMM.

Die Messwert-Anzeige beim Digital-KO ist nur so genau, wie dessen Signal-Erfassung: z.B. +/- 5%. Vergleiche dazu die Produktespezifikationen oder Datenblätter eines DMMs und eines KOs.

3. KO: Signale ablesen und interpretieren, einige Beispiele

Material: 1 (Digital-) KO, 1 Funktionsgenerator, Kabel und Adapter, 1 Laborsteckplatte, Bauelemente.

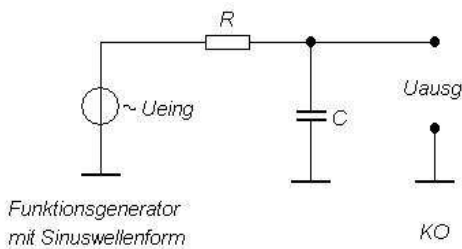
Sende mittels des Funktionsgenerators folgende Signale an Kanal 1 (oder 2) des KOs.

Zeichne die Signale **zuerst** auf, erzeuge sie mit dem Funktionsgenerator und kontrolliere dann die Werte am KO-Bildschirm:

- 1) Sinus (Sine), 2 V_{ss}, 850 Hz
- 2) Rechteck (Square), 0.5 V_{ss} mit 0.5 V positivem DC-Offset
- 3) Dreieck (Triangle), 0.5 Hz, 1 V_{pp}
- 4) Sinus, 100 Hz, 1 V_{eff}
- 5) 1 MHz, TTL-Clocksignal
- 6) CMOS (5 V) kompatibler Clock 0.25 MHz
- 7) Rechteck, Tastverhältnis (Duty Cycle) 25% High, 3.3 V Logik kompatibel
- 8) Audio-Testsignal, Line-Input kompatibler Pegel, ca. 1 kHz

4. Frequenzgang von Baugruppen (z.B. Filter) messen mit KO

Erfasse das Frequenzverhalten eines RC-Tiefpassfilters mit dem KO (R = 10k, C = 10n, Aufbau auf eine "Breadboard"-Laborplatte).

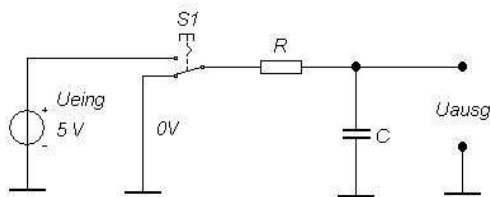


Die Grenzfrequenz des Filters findest du so: Suche die Frequenz bei der U_{ausg} noch 70% (-3dB) von U_{eing} ist. Halte dabei U_{eing} konstant (z.B. 3 V_{ss}) und erfasse U_{eing} und U_{ausg} mit dem KO.

Mach dich mit den folgenden Begriffen vertraut (oder repetiere): RC-Filter, Tiefpass, Hochpass, Grenzfrequenz, -3dB-Punkt, Dämpfungsmass, Filterverlauf, Filter-Ordnungszahl.

5. Ladekurve eines Kondensators

Dimensioniere einen RC-Tiefpass mit der Zeitkonstante $\tau = 1\text{s}$. Realisiere die Messschaltung so, dass du den Auf- und Entladevorgang mittels eines Umschalters auslösen und mit dem KO erfassen kannst. Erstelle ein Messprotokoll mit den relevanten Messwerten.



Die Umladezeit eines Kondensators C über einen Widerstand R auf 63%, resp. 37% der angelegten Endspannung dauert:

$$\tau \text{ (Tau in Sekunden)} = R \text{ (}\Omega\text{)} \cdot C \text{ (Farad)}$$

6. Berührungsschalter und Timer mit MOSFET

MOSFET Transistor und RC-Tiefpass anwenden. Genaue Aufgabenstellung wird mündlich festgelegt. Bitte Zusatzdoku und allfällige Internetseiten zum Thema FETs studieren.

7. Schalterprellen (Switch Bouncing)

Mit welcher Messschaltung könnte man das Prellen eines mechanischen Schalters nachweisen und messtechnisch erfassen?

Besorge dir irgendeinen Schalter oder Taster aus dem Bastelmaterial (auch ein Relaiskontakt wäre interessant zu untersuchen) und zeichne eine Messanordnung auf, mit der du das Prellen des Schalters nachweisen kannst.

Konsultiere *nach* deinen eigenen Überlegungen die Aufgabe auf dem Zusatzblatt.

Messbericht erstellen.

8. 5 Minuten Timer/Eieruhr mit Piepser und OPV als Komparator

Entwicklungsaufgabe: eigene Ideen sammeln und realisieren. Inbetriebnahme und Test dokumentieren.

9. Gilt der Eingangswiderstand eines KOs (z.B. 1M Ohm) für alle Frequenzen?

Nein! Dies ist ein kapitaler Stolperstein beim Gebrauch des KOs. Der Eingangswiderstand (genauer: die Eingangsimpedanz) gilt nur für DC-Spannungen und AC-Signale bis einige kHz.

Der KO belastet eine auszumessende Schaltung mit seinem definierten Eingangswiderstand von 1M Ohm (1x-Sonde) oder 10M Ohm (10x-Sonde). Parallel zum Eingangswiderstand wirkt noch die Eingangskapazität des KOs, etwa mit folgenden Richtwerten:

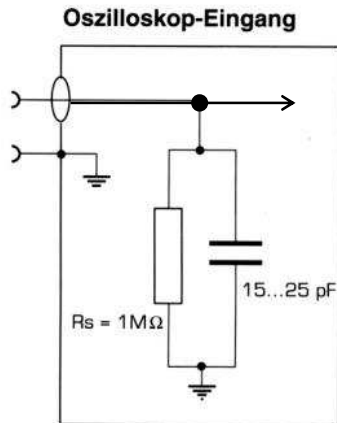
mit der 1x-Sonde: ca. 20pF / mit der 10x-Sonde: ca. 2...5pF

Rechne die kapazitive Belastung des zu untersuchenden Messkreises für folgende Frequenzen aus: 1kHz, 10kHz, 100kHz, 1MHz, 10MHz, 100MHz, je für die 1x- und 10x-Sonde.

Setze für die Berechnung näherungsweise X_c als Belastungswiderstand ein. Dies ist die *wirksame* KO-Eingangskapazität. Auch wenn diese Berechnung etwas ungenau ist, reicht sie aus, um eine Idee der Verhältnisse zu kriegen. Ungenau ist die Berechnung darum, weil bei niedrigen Frequenzen und DC der ohmsche 1M- oder 10M-Widerstand als dominierende Belastung des Messkreises wirkt.

Welche Mess-Sonde ist also vorzuziehen? Beachte auch die Aufschriften auf den Mess-Sonden.

10. Warum muss der Frequenzgang der 10x-Mess-Sonde kompensiert werden?



Kompensiere den Frequenzgang der 10x-Sonden. Warum ist dies nötig? Warum verändert sich die Rechteck-Kurvenform beim Drehen des Trimmers der Sonde?

Finde zur Beantwortung obiger Fragen heraus, wie die 10x-Sonde aufgebaut ist und wie sie mit dem KO-Eingang zusammenwirkt.

Tipp: KO-Eingang und Sonde bilden zusammen ein erweitertes RC-Filter. Betrachte das Verhalten von RC-Gliedern die mit Rechtecksignalen angesteuert werden. Siehe auch RC-Tief- und Hochpass.

Bild - Wirksame Impedanz eines KO-Eingangs.

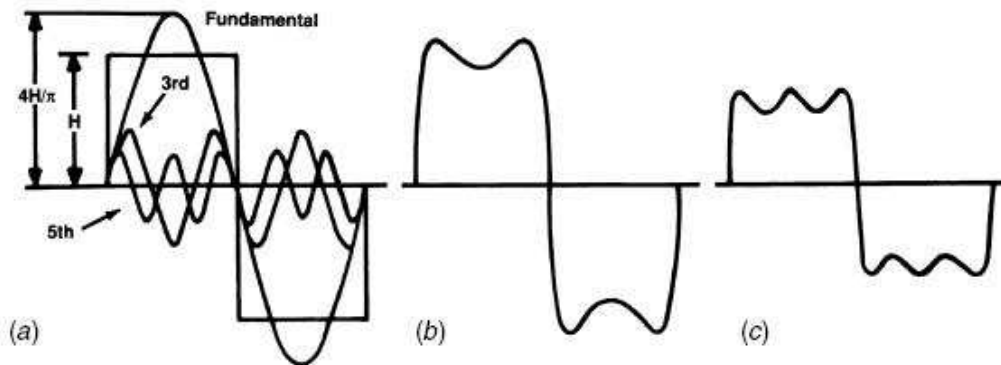


Figure 18.11.1 The mechanisms involved in square waves: (a) individual waveforms involved, (b) waveshape resulting from combining the fundamental and the first odd harmonic (the third harmonic), (c) waveshape resulting from combining the fundamental and the first, third, and fifth harmonics.

Bild - Ein Rechtecksignal ist "zusammengesetzt" aus einer sinusförmigen Grundwelle und dazu überlagerten (addierten) sinusförmigen Oberwellen mit höherer Frequenz und kleinerer Amplitude (Fourier-Reihen).

11. Signal-Bandbreite (Bandwidth BW) und Anstiegszeit (Rise Time) des Y-Eingangsverstärkers

Diese Kenngrößen des KO verraten, welche Frequenzen noch ohne nennenswerte Fehler (Abschwächung der hohen Frequenzen im Y-Kanal) erfasst werden können. Die Anstiegszeit informiert den Anwender darüber, mit welcher maximalen "Steilheit" eine Impulsflanke dargestellt wird.

Jeder Verstärker (also auch der Y-Eingang des KO) besitzt eine obere und eine untere Grenzfrequenz. Die untere Grenzfrequenz liegt beim Y-Kanal üblicherweise bei 0 Hz, also DC, da auch Gleichspannungen gemessen werden können. Die Bandbreite des Y-Eingangs reicht damit von 0 Hz bis zur oberen Grenzfrequenz, bei welcher die Eingangssignalspannung auf ca. 70% (= -3dB) abgeschwächt wird.

Verwandte Themen: -3dB-Frequenz oder Grenzfrequenz beim RC-Tief- und Hochpassfilter, -3dB-Frequenzen resp. Bandbreite eines Verstärkers, Bandbreite eines Übertragungskanal allgemein.

Rise Time

The rise time performance required of an oscilloscope depends on the degree of accuracy needed in measuring the input signals. A 2–3 percent rise time accuracy can be obtained from an instrument that is specified to have approximately five times the rise time of the signal being measured. Rise time can be determined from the bandwidth of the instrument

$$T_r = \frac{0.35}{BW} \quad (18.11.1)$$

Where:

T_r = instrument rise time

BW = instrument bandwidth

12. Digitale Schaltungen: Laufzeitmessungen mit Logikbausteinen

Ein EXOR-Gatter kann für Messungen von Signal-Laufzeiten benutzt werden. Aufgabe auf Zusatzblatt.

13. HC14-Impulsgenerator aufbauen und ausmessen

Messfehler durch Belastung des Messkreises erkennen und verstehen. Kurze oder nicht-repetitive Signale "suchen", erfassen und triggern. Aufgabe auf Zusatzblatt.

14. Spitzen und Einbrüche auf Speisungsleitungen, Block-Cs in Logikschaltungen

Digitale Logik-ICs (dazu gehören auch alle Mikrocontroller- und Peripherie-Bausteine) verursachen auf ihren Speisungsleitungen Spannungsspitzen und Einbrüche.

Gründe dafür:

- Die Push-Pull-Ausgangsschaltungen der Bausteine, schliessen während dem Schaltmoment kurzzeitig die Speisung kurz.
- Die Impedanz der Speisungszuleitungen, resp. Leiterbahnen setzt diesen schnellen Stromspitzen Widerstand entgegen. Dies führt zu temporären Spannungsabfällen (= Spannungsverluste) an den Speisungspins der ICs.

Erinnerung: Eine Impedanz ist ein zusammengesetzter Widerstand mit ohmschen, kapazitiven und induktiven Komponenten. Der Widerstandswert der Impedanz ist Frequenz-abhängig. Aufgabe auf Zusatzblatt.

15. Komparator-Baustein: Schaltflanken untersuchen

Nicht jedes Rechtecksignal, das "schön" aussieht ist auch brauchbar... Aufgabe auf Zusatzblatt.

16. Signale überwachen, auf ein- oder mehrmalige Ereignisse

Trigger-Modi einsetzen:

Wo setzt du Single Shot-Trigger, wo Norm-Trigger-Modus ein? Was bewirkt der Auto-Trigger-Modus? Sind Unterschiede zwischen Digital- und Analog-KO vorhanden?

17. Digitalschaltung: Zeitdiagramm aufnehmen

Nimm mit Hilfe einer Beispielschaltung (z.B. Eieruhr oder Treppenhausbeleuchtung) ein Zeitdiagramm auf und dokumentiere es.

18. Ströme messen mit dem KO

Zeige an Beispiel-Schaltungen mögliche Lösungen. Nutze Shunt-Widerstände und/oder Strom-Zange etc.

19. Externe Triggersignale erzeugen und nutzen

Beispiele:

- Ein KO soll triggern, falls in der zu untersuchenden Schaltung Impulse ("Glitches") auftreten, die kürzer sind als z.B. $10\ \mu\text{s}$. *Glitches* sind unerwünschte, meistens sehr kurze Störimpulse in einer Digitalschaltung und nur schwer zu finden.
- Ein KO soll triggern, falls in einem System Impulse auftreten, die kürzer sind als eine halbe Periode des höchsten Systemclocks. (Ein System dessen Timing auf *einem* Systemclock beruht, kann und darf keine Signalimpulse enthalten, die kürzer dauern, als eine halbe Clockperiode!)
- Ein KO soll triggern, falls im zeitlichen Ablauf auf n Leitungen ein vordefiniertes, bekanntes Bitmuster auftritt.

Zeichne Trigger-Hilfsschaltungen auf, die am externen Triggereingang des KOs anzuschliessen sind und die obige Bedingungen erfüllen. Dazu kannst du z.B. Logikgatter, Zähler etc. benutzen (einfacher Logic-Analyser!). Falls genug Zeit vorhanden, kannst du eine der Schaltungen aufbauen und austesten.

Bei Digital-KOs, sind solche Trigger-Hilfen teilweise implementiert und über ein Menü zugänglich.

20. Mikrocontroller-Schaltung: Systemsignale messen

Führe Messungen an einem Mikrocontroller-System durch. Aufgabe auf Zusatzblatt.

21. X-Y-Darstellung von 2 Signalen

Stelle mit Hilfe eines AC-Signals (Funktionsgenerator) und einer Differenz-Messsonde die Strom-/Spannungskennlinie folgender Bauteile auf dem KO dar: Widerstand, Kondensator, Spule, Diode, Z-Diode.

Praktische Anwendung: Bauteile ausserhalb einer Schaltung testen (Curve Tracer).

22. Digitale Impulsschaltung: Monoflop

- a) Baue eine monostabile Kippstufe (Monoflop), welche einen entprellten Tastendruck beliebiger Länge in einen *einmaligen* Impuls von 2 Mikrosekunden Länge umwandelt. Beachte dazu das folgende Spannungs-/Zeitdiagramm (timing diagram). Bitte Entwicklungsnotizen und Messbericht erstellen.

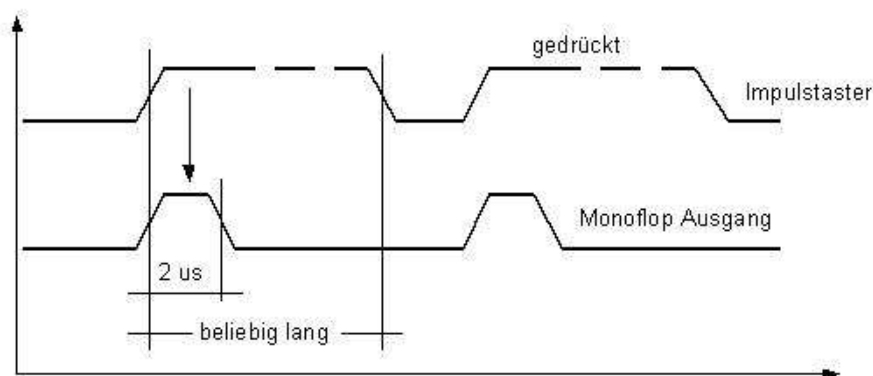


Bild - Timing Diagram des Monoflop-Impulswandlers

- b) Wo könnte ein solcher Impulswandler eingesetzt werden?
- c) Falls dieser Impulswandler mit Hilfe eines Mikrocontrollers implementiert würde: Wie würdest du die Taste an den Eingangs-Port, z.B. Port-Pin 1.0, anschliessen (Hardware-Skizze erstellen). Wie könnte eine C-Funktion aussehen, die den Taster zyklisch einliest (polling) und den definierten Impuls am Ausgangs-Port Pin 2.0 ausgibt (Quelltextentwurf als Pseudo-Code erstellen)?

23. Analoge Schaltung: OP-Verstärker

- a) Baue eine Signalverstärkerstufe, die ein AC-Eingangssignal im mV-Bereich (z.B. ein Mikrofonsignal) um 20 dB verstärkt. Verwende dazu einen Operationsverstärker mit Single-Speisung (z.B. +15V) in invertierender Grundschtaltung. Die Eingangsimpedanz sollte ca. 10 kOhm betragen, der zu übertragende Frequenzbereich ca. 100 Hz bis 10 kHz. Bitte Entwicklungsnotizen und Messbericht erstellen.
- b) Zeichne als Schaltungsvariante den OP-Verstärker in nicht-invertierender Technik auf.

24. Einweg-/Vollweg-Gleichrichtung, Siebung mit Filterkondensator

Vergleiche die Funktionsweise einer Einweg- und einer Vollweg-Gleichrichterschaltung, jeweils mit und ohne Siebkondensator, indem du Spannungen *und* Ströme an sinnvollen Orten in der Schaltung misst. Baue die Schaltungen auf und erstelle eine eigene Messaufgabenstellung und den dazu gehörenden Messbericht.

- AC-Quelle: z.B. Funktionsgenerator (anstelle eines Netztrafos!)
- Dioden: z.B. Typ 1N4007 oder 1N4148
- Siebkondensator: z.B. 10 uF (polarisiert)
- Belastung: mit einem Widerstand von z.B. 1 kOhm

25. Beispiel: DC-Messung an hoch- und niederohmiger Quelle

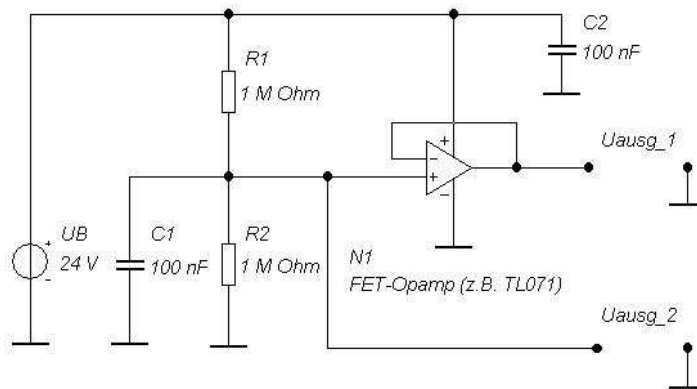


Bild - Auszumessende Schaltung: Opamp als Spannungsfolger (Impedanzwandler)

Uausg_1 und Uausg_2 werden mit einem KO und einem DMM gemessen. Ergeben sich Differenzen zwischen den erwarteten und den gemessenen Werten? Wenn ja, warum?

Achtung: Beim Messen an Uausg_1 sollte Uausg_2 unbelastet sein (Uausg_1 wird sonst verfälscht!).

Messmittel	Erwartung (evtl. Berechnung)		Messung	
	Uausg_1	Uausg_2	Uausg_1	Uausg_2
KO mit 1x-Sonde				
KO mit 10x-Sonde				
DMM als Voltmeter, Typ:				

