

Anleitung Messen mit dem M1K (ADALM1000)

Einsatz des M1K als Oszilloskop, Arbiträrgenerator und SMU

1 Die Messtechnik des M1K

Die ADALM1000 Messplatine von Analog Devices und wird meistens als "M1K" bezeichnet. "ADALM" steht für "Analog Devices Advanced Learning Modul".

Der M1K beinhaltet drei unterschiedliche Messfunktionen:

Oszilloskop, Arbiträrgenerator sowie SMU.

Die Kernkomponenten des M1K sind dessen AD- und DA-Wandler. Insofern kann man den M1K auch als DAQ (Data Acquisition Device) bezeichnen. Der M1K kann jedoch als Generator eine Last (z.B. eine Spule und ein Widerstand in Reihe) treiben und dabei gleichzeitig den momentan fließenden Strom zurück messen. Diese Funktionalität hat ein DAQ normalerweise nicht.

1.1 Oszilloskop

Über die **Oszilloskopfunktion („HI-Z“-Modus)** werden an den zwei getrennten Kanälen CH A und CH B Spannungssignale am hochohmigen Eingang ($1\text{ M}\Omega$) des M1K abgetastet, getriggert und vermessen wie bei einem normalen Bench Top Oszilloskop.

Die Abtastrate und Bandbreite des M1K sind jedoch nicht vergleichbar mit „normalen“ Bench Top Oszilloskopen: Das M1K bietet eine maximale Abtastrate von 200 kS/s im Vergleich zu mindestens 1 GS/s bei Bench Top Oszilloskopen.

Wie bei allen Oszilloskopen auch wird beim M1K das Signal über einen AD-Wandler abgetastet. Der AD-Wandler des M1K kann wegen der geringen Samplingrate mit einer sehr hohen Auflösung von 16 Bit betrieben werden. Im Vergleich dazu haben „normale Oszilloskope“ nur eine Auflösung von üblich 8 Bit. Dadurch kann der M1K auch auf einen üblichen einstellbaren Vorverstärker verzichten.

Leider kann der M1K aufgrund des Full Scale Range des AD-Wandlers direkt nur (positive) Spannungen im Bereich von $0\ldots 5\text{ V}$ abtasten. Mit einer geschickten Beschaltung des M1K-Eingangs mit einem Spannungsteiler ähnlich wie bei einem Tastkopf können jedoch auch größere und negative Spannungen gemessen werden.

1.2 Arbiträrgenerator

Ein **Arbiträrgenerator ist ein Funktionsgenerator**, welcher beliebige Signalverläufe als Spannungen ausgeben kann. Das M1K leistet dies im „**SVMI**“-Modus. Darüber hinaus kann es im „**SIMV**“-Modus einen Signalverlauf zusätzlich als Stromverlauf ausgeben. In der Benutzeroberfläche *Alice-Lite* sind die möglichen Signalarten jedoch auf DC, Sinus-, Dreieck-, Sägezahn- und Rechteckfunktion beschränkt worden.

Die Signalverläufe erzeugt ein DA-Wandler mit 16 Bit Auflösung und maximal 200 kS/s Abtastrate.

1.3 Source Measure Unit

„**SMU**“ steht für **Source Measure Unit**: Das M1K arbeitet in dieser Funktion gleichzeitig als Arbiträrgenerator und als Oszilloskop. Hiermit kann z.B. die komplexe Impedanz eines Kondensators bestimmt werden, indem er mit einer Sinusspannung beaufschlagt wird und der dabei entstehende Stromverlauf durch ihn synchron gemessen wird.

Im „**SVMI**“-Modus wird sowohl der erzeugte Spannungsverlauf als auch der damit verbundene Stromverlauf abgetastet und im Oszilloskopbild dargestellt. „SVMI“ steht für „Source Voltage Measure Current“. Im „**SIMV**“-Modus wird entsprechend ein Stromverlauf erzeugt und der damit verbundene Spannungsabfall an der Last zusammen mit dem Strom durch die Last abgetastet und im Oszilloskopbild dargestellt. „SIMV“ steht für „Source Current Measure Voltage“.

Angesteuert und ausgelesen wird der M1K mit C++ oder Python-Programmen. In den Praktika wird die Benutzeroberfläche *AliceLite* verwendet, welche aus dem M1K ein **virtuelles Instrument** macht. *AliceLite* ist in Python3 geschrieben und befindet sich als ausführbares Python-Skript auf den Laborrechnern des Praktikums.

Nähere Infos vom Hersteller Analog Devices zum M1K sind unter <https://wiki.analog.com/university/tools/m1k> zu finden. Analog Devices bietet die im Vergleich zu *AliceLite* weitaus umfangreichere Benutzeroberfläche *AliceDesktop* an.

Weitergehende Informationen zu *AliceLite* sowie Installationsdateien und -anweisungen (für Windows 10 und Ubuntu Linux 18.04/20.04) finden sich unter <https://github.com/StefanMack/M1K>.

2 Messen mit dem M1K

Die Benutzersoftware *AliceLite* befindet sich derzeit noch im Betastadium.

2.1 Starten von *AliceLite* unter Ubuntu (Laborrechner Sensorlabor):

Nach der Anmeldung unter dem Benutzernamen „bachelor“ mit `strg + alt + t` ein Terminalfenster öffnen. Darin mit `cd AliceLite` in das Verzeichnis mit den acht Pythonskripten von *AliceLite* navigieren. *AliceLite* entweder mit `./aliceLite.py` oder mit `python3 aliceLite.py` starten. Bei Start von *AliceLite* sollte das M1K mit dem PC via USB verbunden sein und die LED auf dessen Unterseite grün leuchten. Falls die Oberfläche nicht innerhalb weniger Sekunden erscheint, am PC die Taste `strg` drücken.

2.2 M1K an Versuchsaufbau anschließen und mit *AliceLite* bedienen

Wenn Sie den Mauszeiger über die entsprechenden Buttons, Eingabefelder usw. bewegen, dann werden dazu deren Funktion als Tooltips angezeigt. Der Vorteil eines virtuellen Instruments ist, dass es durch den Bediener nicht beschädigt werden kann – es sei denn die Software ist fehlerhaft.

Der M1K wird via USB mit dem PC verbunden und von dort aus auch mit Spannung versorgt. Beachten Sie dass daher der GND-Anschluss des M1K auf gleichem Potential wie z.B. der GND-Pin eines gleichzeitig am PC angeschlossenen Arduino ist.

Für die Arbeit im Praktikum sind nur die Buchsen gegenüber des USB-Anschlusses von Bedeutung: CH A bzw. CH B sind im „HI-Z-Modus“ die Eingänge des Oszilloskops. Im „SVMI“ und „SIMV“-Modus sind es die Ausgänge des Arbiträrgenerators bzw. des SMU.

Alle Signale werden in Bezug auf GND gemessen bzw. erzeugt. An den Ausgängen „2.5V“ und „5.0V“ liegt eine Gleichspannung von 2,5 bzw. 5,0 V an. Wird für den Arbiträrgenerator eine dieser Spannungen statt GND als Bezug verwendet, so können auch bipolare oder negative Signalverläufe erzeugt werden. In diesem Fall ist für die Last gewissermaßen 2,5 bzw. 5,0 V der neue „GND“. Werden gleichzeitig andere am PC oder selben Stromnetz angeschlossene Geräte verwendet, dann besteht hierbei jedoch die Gefahr eines Massekurzschlusses: Denn beispielsweise bei einem gleichzeitig angeschlossenen Arduino liegen dessen GND und der „2,5 V GND“ des M1K nun nicht mehr auf dem selben Potential!

Wie man den M1K eingangsseitig im „HI-Z-Modus“ so beschalten kann, dass er bipolare Spannungen >5 V messen kann ist in <https://wiki.analog.com/university/tools/m1k/analog-inputs> dargestellt (siehe hier Fig.4).

Hierbei wird dem M1K ein passives Widerstandsnetzwerk vorgeschaltet. Um einen linearen Frequenzverlauf dabei zu erreichen sind ähnlich wie bei einem Tastkopf noch eine abgleichbare Kapazität zur Kompensation der parasitären Kapazitäten (Kabel und Eingänge des M1K) nötig.

Durch die Auflösung des AD-Wandlers von 16 Bit kann der M1K theoretisch eine Spannung bzw. einen Strom auf $1/2^{16}$ Full Scale Range (5 V bzw. 250 mV) genau messen. Dies entspricht einem LSB (ΔS) von 76 μV bzw. 3,8 μA . In der Realität wird dies natürlich nicht erreicht, da der AD-Wandler einen Offsetfehler, einen Steigungsfehler und auch einen Linearitätsfehler besitzt.

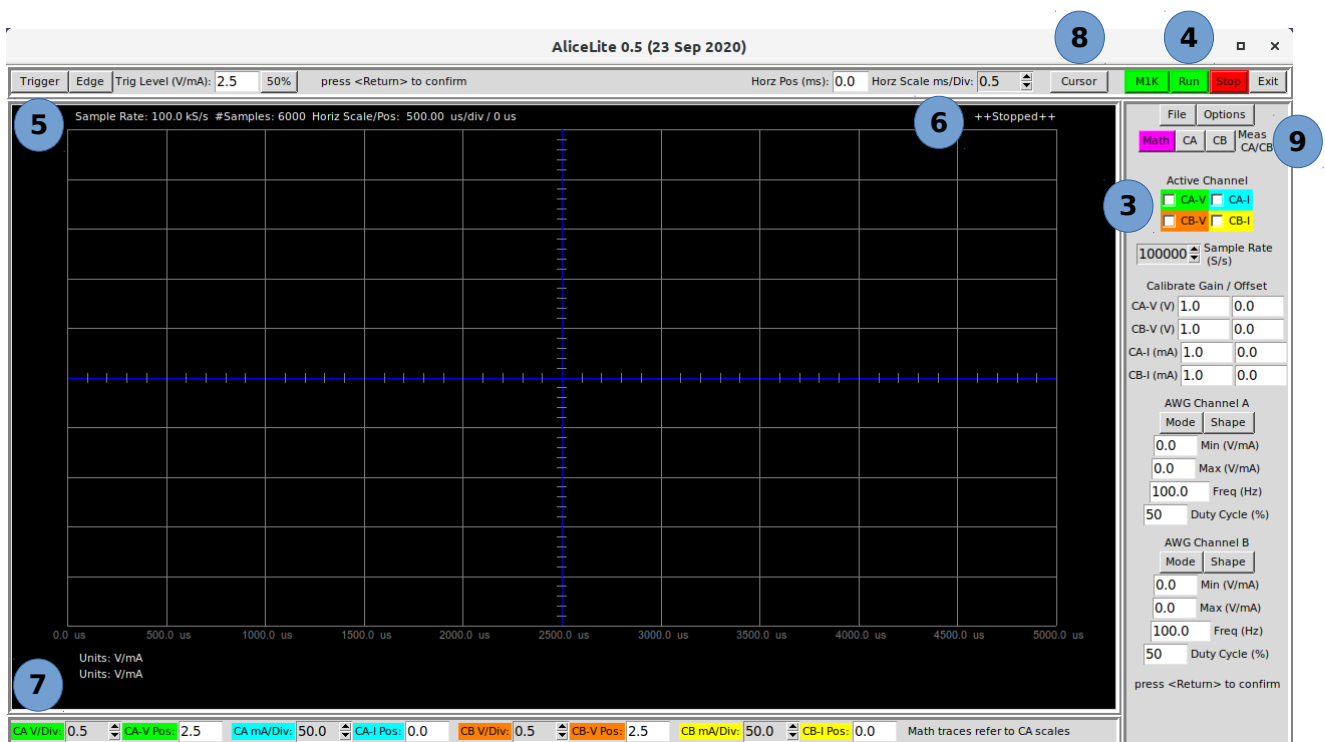
Der Offsetfehler und der Steigungsfehler (Gain) können durch eine Kalibrierung auf kleiner 0,1 mV bzw. 0,1 mA reduziert werden. Die ermittelten Kalibrierwerte für Offset und Gain werden dafür in die Eingabemaske in AliceLite rechts neben dem Oszilloskopbild eingegeben. Zum Kalibrieren des AD-Wandlers wird die GND-Referenz am M1K sowie eine hochgenaue 5 V Referenzspannung verwendet.

Tipp:

Darf der Restfehler nach der Kalibrierung noch ca. 0,1 % betragen so kann auch die vom Arbiträr-generator (DC, Max = 5.000 V) erzeugte Spannung als 5 V Referenz verwendet werden.

2.3 AliceLite bedienen

Nachfolgend wird exemplarisch beschrieben, wie für den Versuch „Abstandsmessende Sensoren“ des Praktikums Sensortechnik der Ultraschallsensor mit der Software AliceLite vermessen wird.



Die Nummern beziehen sich auf die Zahlen im Screenplot von AliceLite.

1. AliceLite starten.
2. GND des Arduino mit GND des M1K verbinden. Das Kabel für das analoge Echosignal von der Bestückungsseite der Ultraschallsensor-Platine mit CH A verbinden. Mit einem Jumperkabel den Echo-Pin des Ultraschallsensors mit CH B des M1K verbinden.
3. Bei AliceLite unter „Active Channel“ CA-V und CA-B aktivieren.
4. Die kontinuierliche Abtastung über die grüne Taste „Run“ starten. Im Oszibild erscheinen nun in Grün das analoge Echosignal und in Orange das Pulsweitsignal (ungetriggert).
5. Unter „Trigger“ „CB-V“ auswählen und den „Trigger Level“ in mV passend wählen, damit ein Triggern des Pulsweitsignals stattfindet. Ist dies der Fall, so wird das über dem Oszibild mit „Triggered“ in roter Schrift angezeigt.
6. Mit „Horz Scal“ wird das Oszibild in x- bzw. Zeit-Richtung aufgeweitet, mit „Horz Pos“ in x- bzw. Zeit-Richtung verschoben. Die Eingabewerte hierbei sind Millisekunden.
7. In y-Richtung wird das Signal mit den farblich zugehörigen Eingabefeldern „V/Div“ aufgeweitet bzw. mit „Pos“ verschoben. Die Eingabewerte hierbei sind Volt, bei den beiden Stromkanälen entsprechend mA.
8. Über die Taste „Cursor“ wird für einen bestimmten Kanal der Cursor aktiviert. Mit einem Maus-Rechtsklick wird ein Cursorkreuz erzeugt, welches den Zeit- und Signalwert anzeigt.

Wenn das Abtasten mit „Stop“ unterbrochen wurde, werden mit Maus-Linksklicks mehrere kleine Cursorskreuze erzeugt und deren Position im Oszibild links oben angezeigt. Werden solche Cursorskreuze z.B. bei zwei aufeinander folgenden Maxima eines Sinussignals gesetzt, so wird dessen Frequenz berechnet.

9. Mit den Tasten „CA“ bzw „CB“ werden Messfunktionen für die Kanäle A bzw. B ausgewählt. Die Messergebnisse werden unterhalb des Oszibilds angezeigt.

Soll der M1K als Funktionsgenerator (AWG) verwendet werden, so wird über die Taste „Mode“ statt „HI-Z“- der „SVMI“- oder „SIMV“-Modus aktiviert und über die Taste „Shape“ die Art des zu erzeugenden Signals (DC, Sinus, Rechteck,...) ausgewählt. Die Amplitude, Frequenz und das Tastverhältnis wird über die entsprechenden Eingabefelder eingegeben.