

Leitfaden für Picoscope 7 und Herzschrittmachermessung

Erstellt von: Barnabás Böcskei-Antal

Budapest, 2026

1. EINFÜHRUNG

Diese Anleitung wurde mit dem Ziel verfasst, sowohl Studierenden als auch Lehrenden eine übersichtliche Orientierung über den Aufbau und die Funktionsweise der im biophysikalischen Praktikum verwendeten digitalen Oszilloskop-Software (PicoScope 7) sowie des Messgeräts (PicoScope 2204A) zu geben. Digitale Speicheroszilloskope (Digital Storage Oscilloscopes, DSO) gehören heute zur Grundausstattung eines jeden Elektroniklabors und finden breite Anwendung sowohl in physikalischen als auch in biophysikalischen Praktika. Ihre Hauptaufgabe besteht in der Darstellung, Aufzeichnung und Auswertung zeitabhängiger elektrischer Signale und ermöglicht damit eine detaillierte Analyse des dynamischen Verhaltens der untersuchten Systeme.

Ein Oszilloskop ist ein Messgerät, das den zeitlichen Verlauf elektrischer Signale grafisch darstellt. Dabei repräsentiert die horizontale Achse des Displays die Zeit, während die vertikale Achse die gemessene elektrische Größe, meist die Spannung, darstellt. Die dargestellte Signalform liefert unmittelbare Informationen über den zeitlichen Verlauf, die Form, die Wiederholung sowie mögliche transiente Eigenschaften des Signals. Dadurch kann nicht nur der momentane Wert, sondern das vollständige zeitabhängige Verhalten des Signals untersucht werden. Oszilloskopische Messungen sind daher besonders wichtig bei der Untersuchung schnell ablaufender oder impulsartiger Prozesse.

Bei der Verwendung eines digitalen Speicheroszilloskops wird das zu messende analoge (zeitlich kontinuierliche) Signal durch digitale Abtastung erfasst. Die Abtastfrequenz bestimmt, wie häufig das Signal entlang der Zeitachse registriert wird. Erfolgt die Abtastung nicht mit ausreichend hoher Frequenz, können schnell wechselnde Signalanteile, insbesondere kurze Impulse, verfälscht werden (Aliasing) oder bei der Darstellung vollständig verloren gehen. Gleichzeitig ermöglicht die digitale Aufzeichnung die Speicherung der Messdaten im Gerätespeicher sowie deren spätere Analyse und Auswertung.

Während des Betriebs des Oszilloskops werden die digitalisierten Abtastwerte im internen Speicher des Geräts abgelegt und entsprechend der vom Benutzer gewählten Parameter dargestellt. Die Einstellung der Zeitbasis legt fest, welcher Zeitbereich auf der x-Achse angezeigt wird, während die Einstellung der vertikalen Empfindlichkeit den auf der y-Achse sichtbaren Spannungsbereich bestimmt. Diese Parameter beeinflussen direkt, welche Details des gemessenen Signals sichtbar sind und mit welcher Auflösung sie dargestellt werden.

Für eine stabile und gut interpretierbare Signaldarstellung ist eine geeignete Triggerung unerlässlich. Die Triggerbedingung bestimmt, wann die Signalaufzeichnung beginnt, und stellt sicher, dass bei wiederholten Messungen stets derselbe Signalabschnitt dargestellt wird. Durch eine geeignete Wahl der Triggerparameter kann das Oszilloskop so eingestellt werden, dass genau das für die jeweilige Messaufgabe relevante Signalereignis sichtbar wird.

Viele digitale Oszilloskope – darunter auch das in diesem Praktikum verwendete Gerät – verfügen zusätzlich über einen Signalgenerator- bzw. Funktionsgeneratorausgang. Dieser ermöglicht die Erzeugung elektrischer Signale mit definierter Form und definierten Parametern, die direkt an den Eingang der untersuchten Schaltung

oder des Systems angelegt werden können. Dadurch kann das Oszilloskop nicht nur zur Messung, sondern auch zur Anregung des Systems eingesetzt werden, was die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Eingangs- und Ausgangssignal erlaubt. Dies ist insbesondere bei der Untersuchung von Verstärkern, Resonanzphänomenen und impulsartigen Prozessen von großem Nutzen.

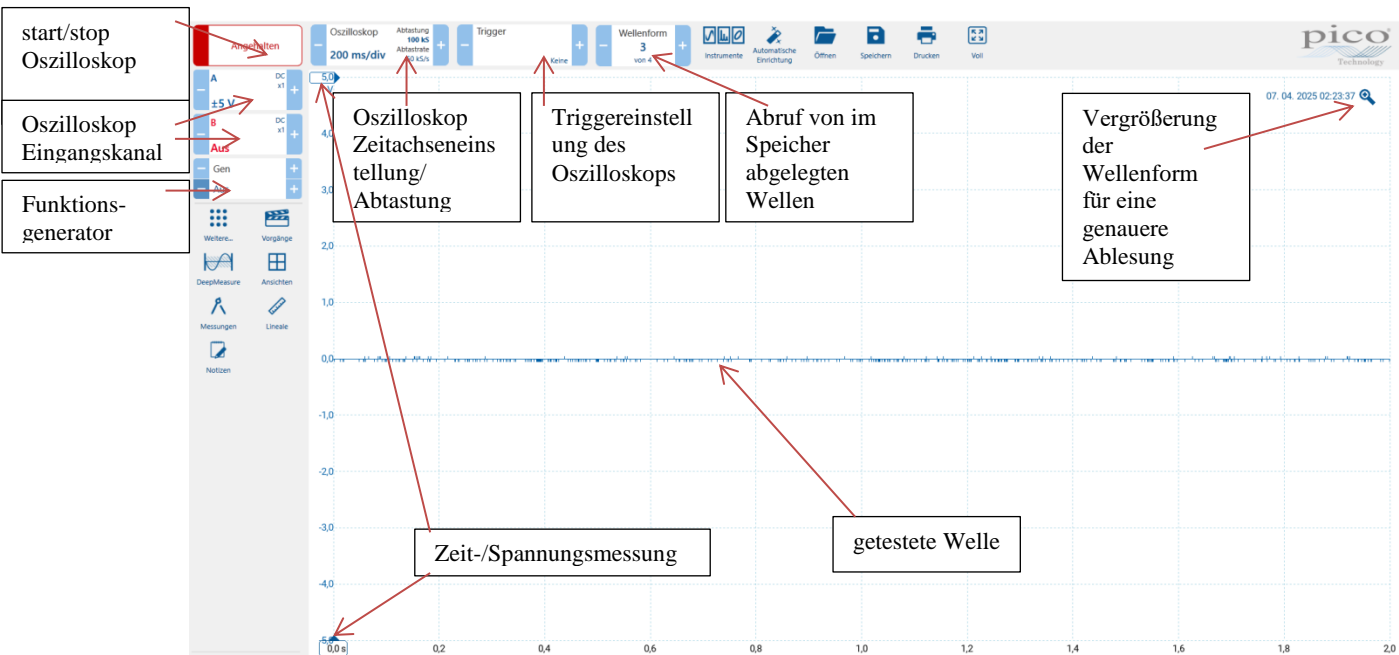
Digitale Speicheroszilloskope bieten eine Vielzahl integrierter Messfunktionen, mit denen anhand der dargestellten Signalform Größen wie Amplitude, Periodendauer, Frequenz oder Pulsbreite automatisch bestimmt werden können. Diese Messungen stehen in direktem Zusammenhang mit den auf den Achsen dargestellten physikalischen Größen und erleichtern die quantitative Signalanalyse erheblich.

Im biophysikalischen Praktikum treten oszilloskopische Messungen in mehreren Themenbereichen auf, darunter Messungen an Verstärkern, die Untersuchung von Resonanzphänomenen, die Analyse von bei sensorischen Vorgängen auftretenden Signalen, Ultraschallmessungen sowie die Untersuchung impulsartiger Prozesse. In all diesen Fällen stellt das Oszilloskop ein grundlegendes Werkzeug zur Darstellung und Interpretation zeitabhängiger elektrischer Signale dar.

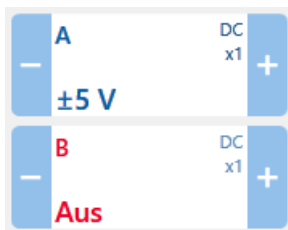
In dieser Unterlage wird die Auswertung oszilloskopischer Messungen anhand impulsartiger Signale demonstriert, insbesondere anhand von Pacemaker-Signalen. Diese Signale veranschaulichen anschaulich die Bedeutung der Zeit- und Amplitudeneinstellungen sowie die Bestimmung von Impulsdauern und Spannungswerten. Die dargestellten Mess- und Auswertungsverfahren sind nicht auf Pacemaker-Signale beschränkt, sondern lassen sich ebenso auf andere oszilloskopische Messaufgaben ähnlicher Art anwenden. Ziel dieser Unterlage ist es, einen praxisorientierten Überblick über Aufbau und Anwendung digitaler Speicheroszilloskope zu geben und das Verständnis grundlegender Einstellungen und Auswertungsmethoden in der oszilloskopischen Messtechnik zu fördern.

2. DIE STRUKTUR VON PICOSCOPE 7

Die folgende Abbildung zeigt das Programmfenster von Picoscope 7 und die Hauptbestandteile des Programms.



Unser digitales Speicheroszilloskop Picoscope 2204A hat zwei Eingangskanäle (A/B) und einen Funktionsgeneratorausgang (Gen).

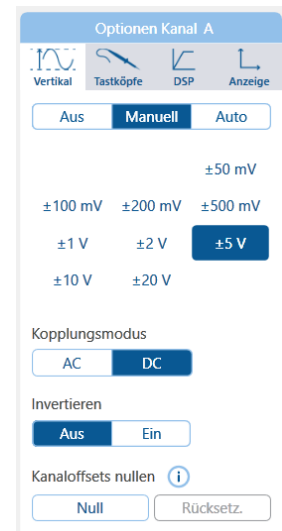


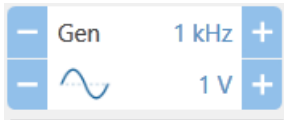
Der Kanalstatus und der „y“-Schritt können im Kanalstatusfenster abgelesen werden. Mit den Signalen „+“ oder „-“ kann der „y“-Schritt in kleinen Schritten eingestellt werden.

Für weitere Einstellungen klicken Sie auf den Kanalnamen (A/B) und das Fenster mit den Kanalsoptionen wird angezeigt. Die für uns wichtigen Einstellungen sind die für die vertikale Skala. Im manuellen Modus können wir die Skala anpassen. Im Auto-Modus versucht das Programm selbst, den optimalen Maßstab zu wählen. In diesem Modus können Sie die Skala auf der „y“-Achse auswählen. Das von uns verwendete Werkzeug hat standardmäßig eine „y“-Auflösung von 8 Bit.

Die Einstellung „DC“ für den Kopplungsmodus eignet sich gut für alle Messungen, die in Übungen der medizinischen Biophysik durchgeführt werden.

Wenn Sie die Geräte mit entgegengesetzter Polarität angeschlossen haben, können Sie das Signal an der „x“-Achse spiegeln, indem Sie „Invertieren“ einschalten, so dass Sie sich nicht um die Polarität kümmern müssen.

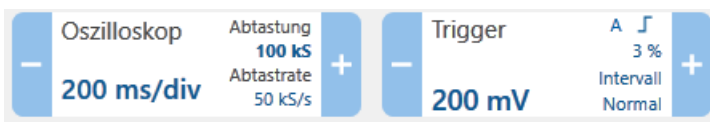
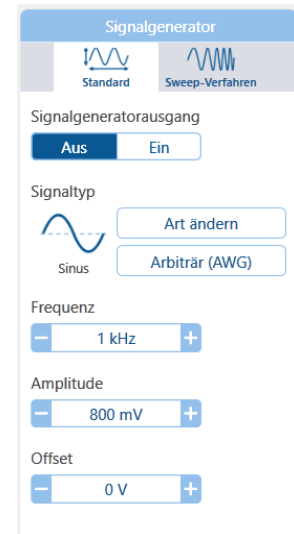




Im Statusfenster des Generators können Sie den Status des Generators, die Art des erzeugten Signals, seine Amplitude und Frequenz sehen.

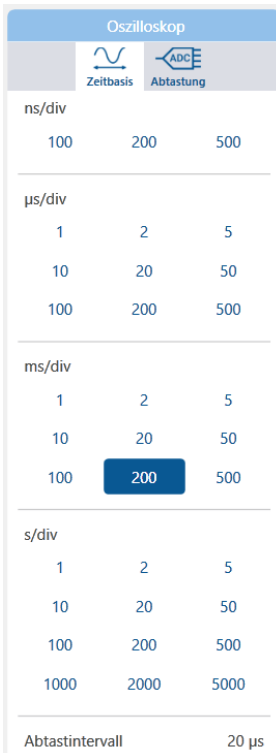
Im Signalgenerator Menübereich Sie den Ausgang des Signalgenerators einschalten, den Signaltyp, die Frequenz, die Amplitude und den Offset auswählen. Das von uns verwendete Gerät kann bis zu 2 V Gleichstrom ausgeben, wenn eine Gleichspannung gewählt wird, und 2 V Amplitude bei einem sinusförmigen Signal. Die maximal wählbare Frequenz beträgt 100 kHz.

Achtung!!! Der Offset verringert die Größe des Signals, das ausgegeben werden kann, also seien Sie vorsichtig, wenn Sie die Einstellungen vornehmen.



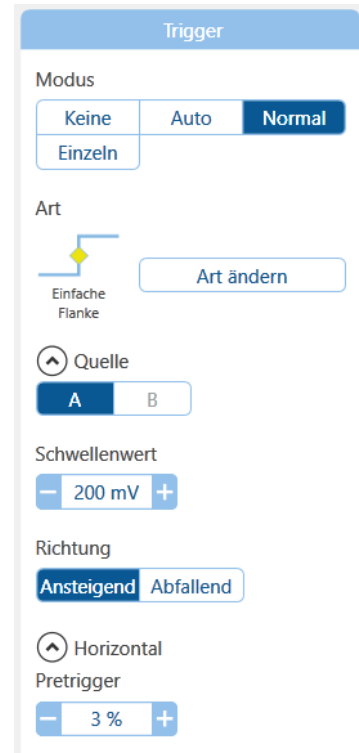
Die Scope- und Trigger-Status-Fenster liefern schnelle Informationen über den „x“-Schritt und die Einstellung des Triggersignals.

Klicken Sie auf diese, um die detaillierten Einstellungen aufzurufen.



Der Schritt „x“ kann zwischen 100 ns/div und 5000 s/div eingestellt werden. Bei Bedarf kann die Abtastfrequenz unter der Registerkarte „Abtastung“ geändert werden, aber die Länge der Datenerfassung kann nicht angepasst werden, sie ist immer auf den vorgegebenen „x“-Schritt eingestellt.

Bei der Einstellung der Triggersignale werden in der Regel drei Modi verwendet. Der Aus-Modus (None) wird verwendet, wenn eine kontinuierliche Änderung der Signale überwacht werden soll, typischerweise bei langsamen Signalen. Im Modus Normal wird der eingestellte Triggertyp (bei den meisten unserer Messungen liefert die einfache Flanke zufriedenstellende Ergebnisse) bei ausgewählten Schwellenwerten an der steigenden oder



fallenden Flanke für jedes Signal kontrolliert, das die Triggerbedingungen erfüllt. Die Abtastung aller erkannten Signale wird aufgezeichnet. Im Einzelmodus beginnt die Erfassung mit dem ersten Signal, das die

Triggerbedingungen erfüllt, und endet nach der vorgegebenen Abtastzeit. Der Trigger kann auch im Programmfenster über ein gelbes Rautensymbol eingestellt werden. Durch Bewegen des Symbols nach oben und unten wird der Triggerpegel eingestellt, durch Bewegen nach rechts und links wird die Vorsteuerung eingestellt und das Aufnahmesignal entlang der „x“-Achse positioniert.



Die aufgenommenen Signale können durch Klicken auf die Schaltfläche „Wellenform“ zur Auswertung abgerufen werden. Die Anzahl der aufgezeichneten Samples wird in der Mitte der Schaltfläche angezeigt. Aus der angezeigten Zeile können Sie jede Aufzeichnung durch Anklicken der Signalform abrufen.

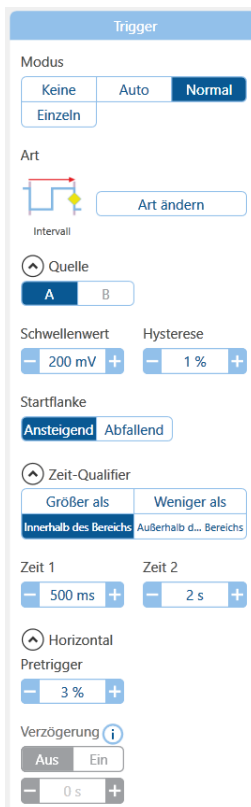
Wenn Sie auf die Schaltfläche „Wellenform“ klicken, während ein Signal läuft, wird die Abtastung automatisch gestoppt. Alle bis zum Zeitpunkt des Stopps aufgezeichneten Signale können zur Auswertung abgerufen werden.



Aufgezeichnete Signale können mit Hilfe eines Lineals und einer Lupe ausgewertet werden. Diese werden im nächsten Kapitel anhand eines konkreten Praxisbeispiels erläutert.

3. MESSUNG VON HERZSCHRITTMACHERSIGNALEN MIT DEM PICOSCOPE 7

Im Folgenden wird eine mögliche Methode zur Untersuchung von Herzschrittmachersignalen im Picoscope 7 beschrieben. Der erste Schritt besteht darin, das zu prüfende Gerät (in diesem Fall den Herzschrittmacher) an einen der Eingänge des Oszilloskops anzuschließen. Da es sich bei dem Herzschrittmacher um einen astabilen Multivibrator mit einem sehr kleinen Füllfaktor ($<1\%$) handelt, sind die Signale zwar regelmäßig, aber wegen ihrer kurzen Länge ($<1\text{ms}$) schwer zu prüfen. Um dieses Problem zu mildern, wurde eine spezielle Setup-Datei (pacemaker_preset) erstellt, die automatisch und mit hoher Zuverlässigkeit Schrittmacherimpulse findet und aufzeichnet. Um die Setup-Datei zu verwenden, muss der Herzschrittmacher an den Eingang A angeschlossen sein!



Wenn die Datei pacemaker_preset nicht verfügbar ist und die Schrittmachersignale manuell eingestellt werden sollen, wird folgende Einstellung empfohlen:

„x“-Schritt - 200 ms/Div

„y“-Schritt - 5 V/div

Modus - Normal

Trigger-Art - Intervall

Schwellenwert - 200 mV

Zeit-Qualifier – Innerhalb des Bereichs

Zeit 1 - 500 ms

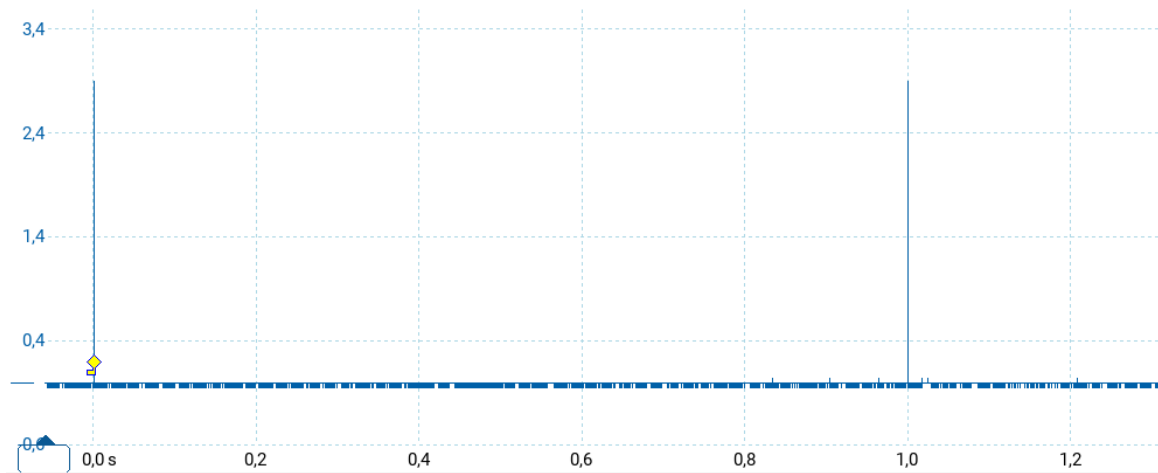
Zeit 2 - 2 s

Hysterese - 1%

Der horizontale Pretrigger kann auf jeden beliebigen Wert eingestellt werden. Die Quelle sollte der Kanal sein, an den der Herzschrittmacher angeschlossen ist.

Mit diesen Einstellungen können fehlerhafte Datenaufzeichnungen aufgrund von Rauschen erfolgreich herausgefiltert werden, und die meisten Schrittmachersignale können mit einer Periodendauer zwischen 500 ms und 2 s und einer Amplitude von mindestens 200 mV gefunden werden. Die typische Periodendauer beträgt 1 s, es können jedoch Abweichungen hiervon auftreten.

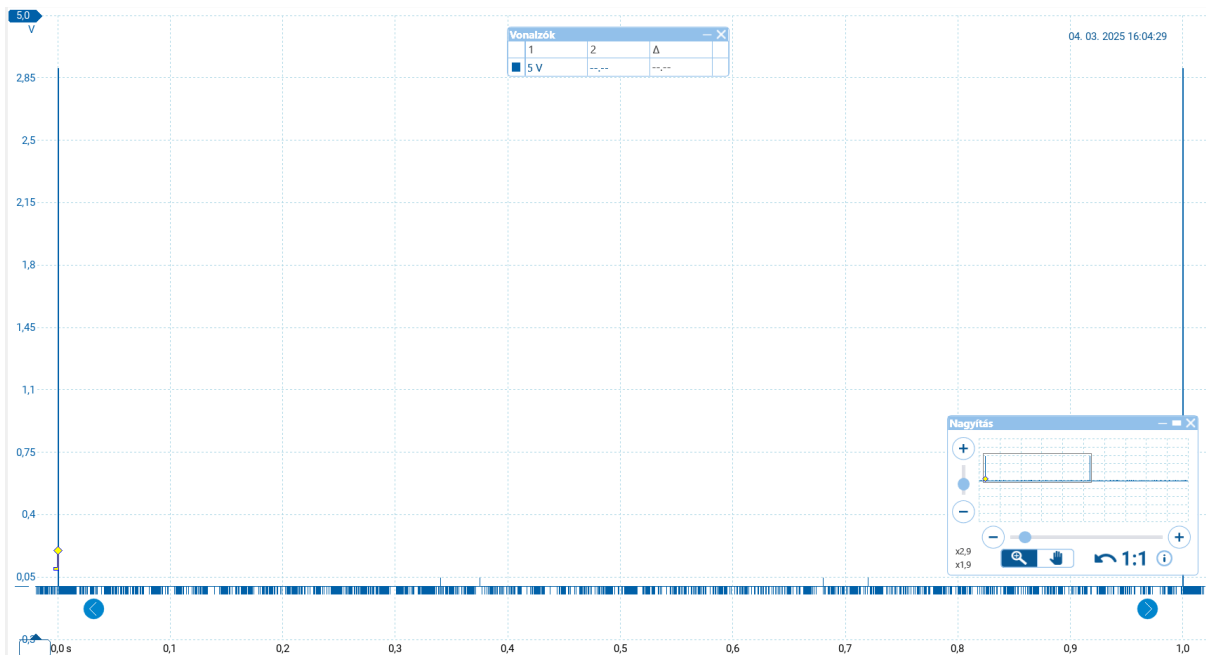
Die folgende Abbildung zeigt eine Folge von Schrittmachersignalen, die mit der Setup-Datei aufgezeichnet wurden.





Um die Signale auszuwerten, klicken Sie auf die Lupe in der rechten oberen Ecke des Fensters der Signalreihe.



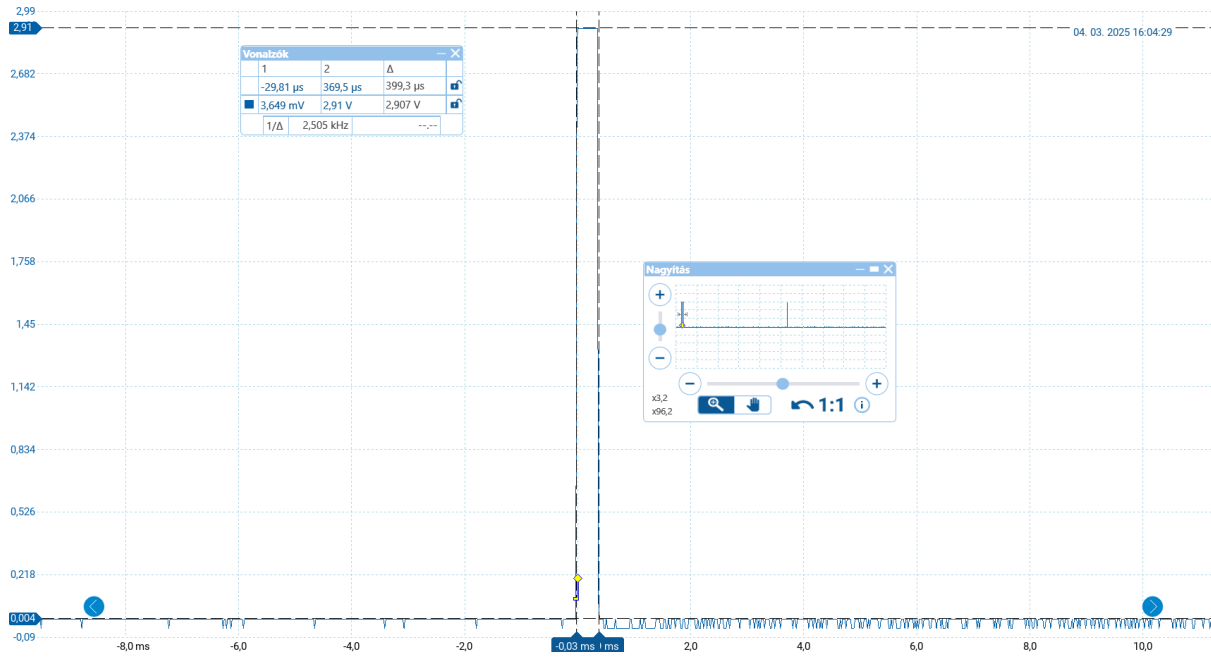
Daraufhin erscheint ein Fenster mit der Bezeichnung „Zoom“. Sie können mit den Schieberegler im Fenster oder durch Ziehen mit der Maus um die Signalformen hineinzoomen.



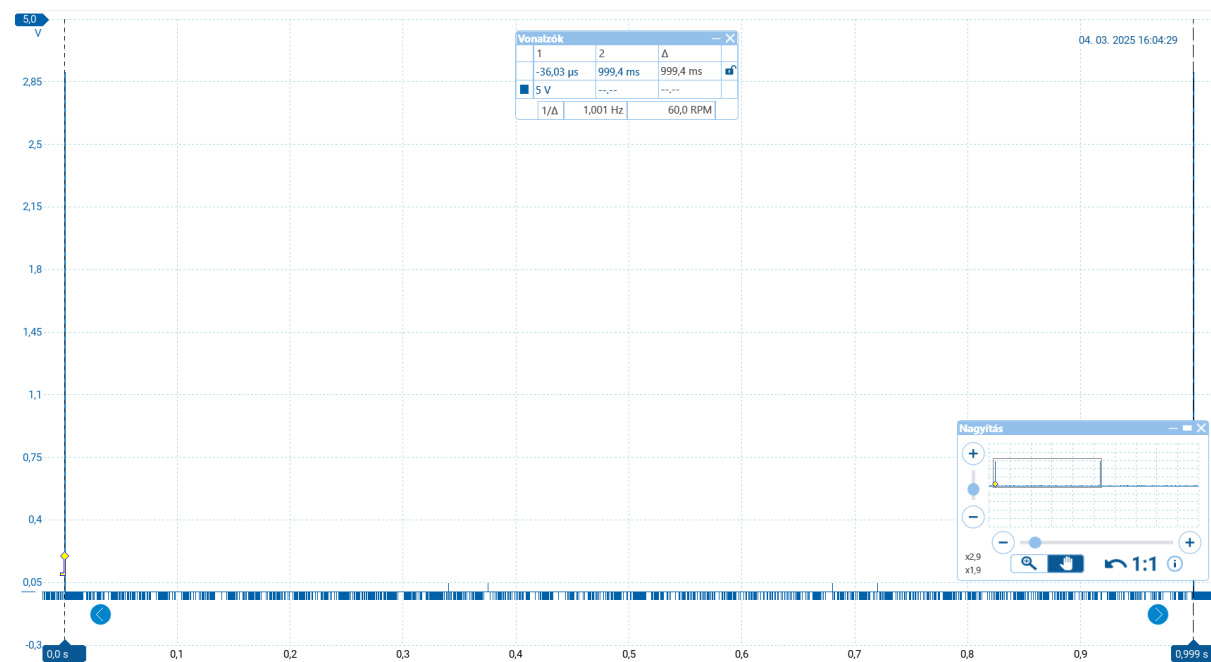
Anschließend erfolgt eine Messung mit dem im Programm verfügbaren Linealwerkzeug. Standardmäßig ist das

Lineal am oberen Rand der „y“-Achse  oder am linken Rand der „x“-Achse  positioniert. Von jeder Markierung sind 2-2 verfügbar. Indem man sie am unteren und oberen Ende des Signals oder am Anfang

und Ende des Signals platziert, können die Spannung und die Länge des Signals mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Diese Werte können im Linealfenster abgelesen werden.



Als letzter Schritt empfiehlt es sich, die Periodenlänge zu messen. Sie können die Vergrößerung aufheben, indem Sie das Vergrößerungsfenster verschieben oder auf die Schaltfläche 1:1 im Vergrößerungsfenster klicken oder das Vergrößerungsfenster schließen. Stellen Sie dann die Schieberegler auf der „x“-Achse auf zwei aufeinanderfolgende Markierungen. Da die passive Zeit der Signalfolge um drei Größenordnungen länger ist als die aktive Zeit, spielt der Einstellfehler hier keine große Rolle.



Zum Testen der Impulsgenerator Signalgeneratorgeräte wird empfohlen, den Trigger auszuschalten und einen „x“-Schritt von 500 ms/Div zu verwenden. Für die manuelle Erzeugung von Herzschrittmachersignalen wird empfohlen, den „x“-Schritt auf 200 ms/div zurückzusetzen. An dieser Stelle kann ein „Single edge“-Trigger mit einer 200 mV-Schwelle verwendet werden....Fertig☺