

Das Magische Pendel (v. 2.0 vom 04.12.2024)

Wie funktioniert das „Magische Pendel“ ?

Unter dem Pendel am tiefsten Punkt befindet sich ein Permanentmagnet.

Immer wenn dieser Magnet an einer bestimmten Stelle (nahe dem Tiefpunkt) vorbeikommt wird ein Hall-Sensor (der unter einer Holzplatte versteckt ist) angeregt. Ein Mikroprozessor (Raspberry Pi Pico) fragt in einer Schleife den Wert des Hall-Sensors zyklisch ab und wenn dieser ein Magnetfeld erkannt hat, dann aktiviert der Prozessor - *nach einer bestimmten Verzögerung* - einen Elektromagnet, der dann den Permanentmagnet anzieht. Ähnlich wie bei einer Schaukel auf einem Kinderspielplatz wird dadurch das Pendel regelmäßig angezogen und wieder abgestoßen und läuft bei konstanter Schwingungsamplitude und Periodendauer immer gleichmäßig weiter.

Der Hall-Sensor wird sowohl beim Hin- als auch beim Rückschwung angeregt, d.h. er sendet zwei Signale pro Periode. Der Magnet soll aber nur ein Mal pro Periode aktiv sein, um unnötigen Stromverbrauch zu vermeiden. Da sich der Hall-Sensor nicht exakt im Tiefpunkt befindet, kann der Prozessor (durch „Messen“ der Zeitdauer seit der letzten Anregung) selber herausfinden, „wann“ der richtige Zeitpunkt ist, um den Magneten wieder zu aktivieren.

Zur Verdeutlichung und zur Optimierung der Einstellungen habe ich eine LED-Ampel zugeschaltet, mit folgenden Signalen:

Rot: Diese LED leuchtet, immer wenn der Magnet angesteuert wird.

Gelb: Diese LED leuchtet, immer wenn der Hall-Sensor ein Magnetfeld erkennt.

Grün: Diese LED leuchtet, wenn sich das Pendel dem Elektromagneten nähert.

Messungen mit einem Digitaloszilloskop haben folgende Werte ergeben:

Dauer für den Rück-Schwung (weg vom Magneten): 792ms

Dauer für den Hin-Schwung (hin zum Magneten): 1049ms

Die gesamte Periodendauer ist dann die Summe aus den o.g. Werten:

Periodendauer T: 1841ms

=====

In der Theorie beträgt die Periodendauer:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Wobei L die Pendellänge und g die Erdbeschleunigung ist.

Bei einer gemessenen Pendellänge von 90cm müsste die Periodendauer 1,9 Sekunden betragen. Das stimmt „ungefähr“ auch mit dem gemessenen Wert überein.

Interessant ist, dass die Masse des Pendels keinen Einfluss auf die Periodendauer hat.

In der Praxis läuft das Pendel mit einem Lipo Akku über 48 Stunden stabil und ohne Unterbrechung!

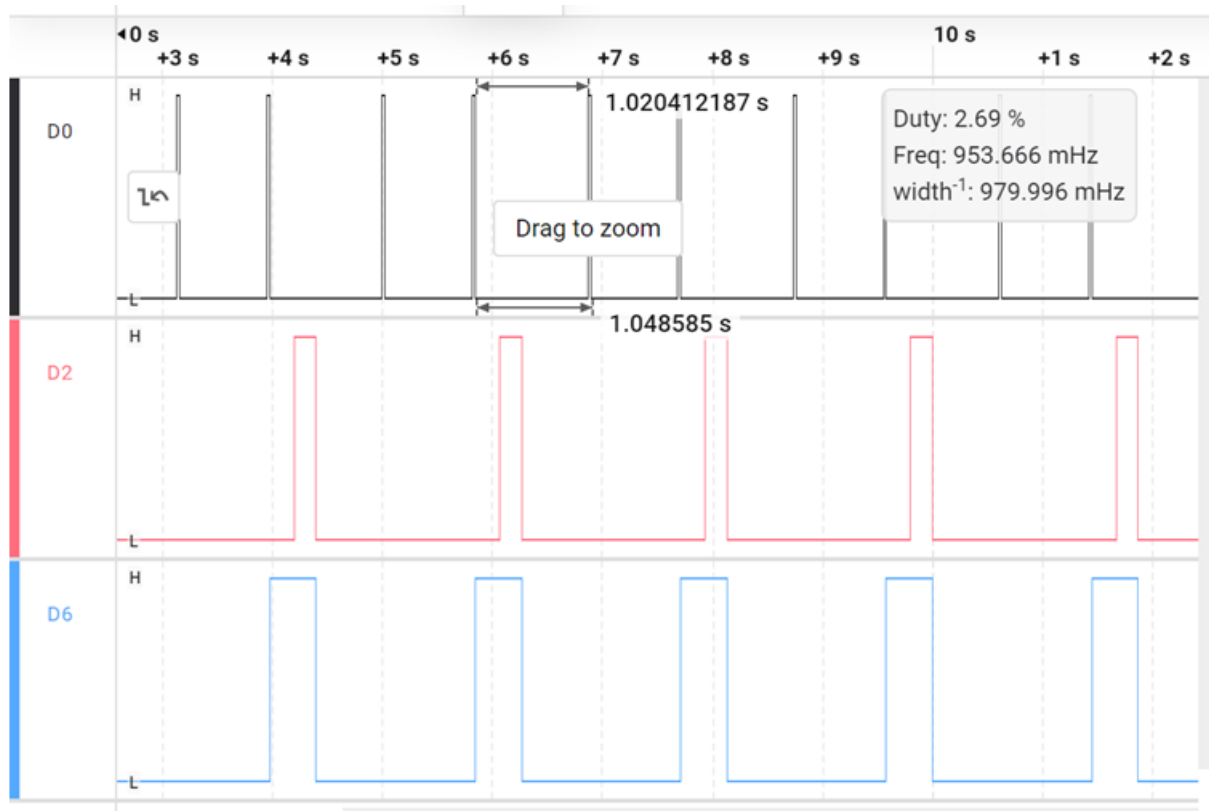
Messanalyse

Auf der untenstehenden Grafik sieht man die folgenden Signale:

D0: Gelbe LED, die immer dann leuchtet, wenn der Permanentmagnet am Hall-Sensor vorbeikommt.

D2: Rote LED, die immer dann leuchtet, wenn der Elektromagnet eingeschaltet ist.

D6: Grüne LED, die anzeigt, wenn sich das Pendel dem Elektromagneten nähert.



Man sieht in der obigen Grafik deutlich, dass die Impulsabstände des Hall-Sensors (**D0**) abwechselnd länger oder kürzer ausfallen. Das wird im Programm ausgenutzt, um den richtigen Zeitpunkt zu bestimmen, wann der Elektromagnet (**D2**) aktiviert werden soll.

Anbei noch ein Link zu weiteren Informationen und Videos auf YouTube:

<https://www.youtube.com/channel/UC7Cpi-0Greje-9RB7cYTPqA>

Fragen und Anregungen, gerne per E-Mail, an:

johannes_marko@yahoo.de