

Elektronisches Pendel

Mit dieser kleinen, für den Betrachter unsichtbar anzuordnenden Schaltung, wird eine Kugel, die an einem Faden aufgehängt ist, in eine pendelnde Bewegung versetzt.

Ein entsprechender mechanischer Ausführungsvorschlag rundet diese Bauanleitung ab, mit deren Hilfe ein höchst interessantes Dekurationsobjekt zu erstellen ist. Die fertige, einfach aufzubauende Konstruktion ist auch als Geschenk geeignet.

Allgemeines

Die im „ELV journal“ veröffentlichten Schaltungen stellen im allgemeinen sinnvolle und nützliche Geräte dar, die für die vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten konzipiert wurden. In dem hier vorliegenden Artikel stellen wir Ihnen nun eine kleine, mit wenigen preiswerten Bauelementen zu realisierende Schaltung vor, deren einzige Aufgabe darin besteht, eine einmal angestoßene Metallkugel fortlaufend neu anzuregen, damit sie permanent weiterschwingt. „Sinnlos“ könnte so mancher sagen, „oh, wie interessant“ mancher anderer. Diejenigen, die sich für solche „Spielereien“ wenig interessieren, blättern jetzt einfach weiter, denn es handelt sich auch nur um einen kleinen Artikel. Die anderen finden auf dieser Seite vielleicht ein kleines „Schmuckstück“, das ihnen oder auch ihren Freunden Freude bereitet. An dieser Stelle wollen wir jedoch die Diskussion über Sinn und Unsinn entsprechender Schaltungen nicht weiter betreiben. Für beide Standpunkte gibt es sicherlich viele stichhaltige Argumente.

Damit später das fertige Objekt nicht nur technisch einwandfrei arbeitet, sondern auch optisch „etwas hergibt“, haben wir einen Mechanikbausatz entworfen. Das mattschwarze Gehäuse stellt die Basis dar, in dem auch die Elektronik und die Batterie untergebracht wird.

Ein massiver, 5 mm starker Aluring mit einem Durchmesser von ca. 200 mm ist mit dem Basisgehäuse fest verbunden. An einem dünnen Nylonfaden hängt eine ebenfalls massive Alukugel, mit einem Durchmesser von 25 mm. In diese Kugel ist, für den Betrachter unsichtbar, unten ein kleiner Stabmagnet eingelassen, der später in Verbindung mit der Elektronik die Schwingungen aufrechterhält.

Die Elektronik ist so ausgelegt, daß bei ruhender Kugel keine Ansteuerimpulse abgegeben werden und auch der Stromverbrauch minimal ist (ca. 10 μ A). In dieser Stellung kann die Schaltung mehrere Jahre verharren, um auf ihren Einsatz zu warten.

Wird jetzt die Kugel leicht angestoßen, detektiert die elektronische Schaltung bei jedem Nulldurchgang einen Impuls. Ihrerseits formt die Elektronik daraus einen Ansteuerimpuls, der durch dieselben Spulen geschickt wird und die Kugel antreibt. Hierdurch bleibt die Schwingung der Kugel erhalten. Für den nicht einge-

weihten Betrachter ein bemerkenswertes Phänomen.

Aufgrund der ausgefeilten Schaltungstechnik ist die mittlere Stromaufnahme der Schaltung sehr gering. Sie liegt bei ca. 0,2 mA, so daß ein Dauerbetrieb von 2 bis 3 Monaten (!) mit einer handelsüblichen 9 V Blockbatterie erreicht wird.

Wird die Kugel gestoppt, sinkt auch die Stromaufnahme im selben Moment auf nahezu vernachlässigbare Werte ab (10 μ A).

Ein externer Schalter ist nicht erforderlich.

Zur Schaltung

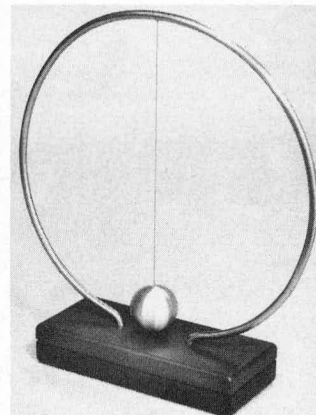
Im unteren Teil der Alu-Kugel, für den Betrachter unsichtbar, befindet sich eine 15 mm tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 5 mm, in die ein Magnet gleicher Größe eingeklebt wurde. Links und rechts der Mitte des Kunststoffgehäuses sind 2 Induktions-Spulen (L 1 und L 2) direkt unter dem Deckel eingeklebt (Bild 2).

Solange sich die Alu-Kugel und damit der Magnet in Ruhestellung befinden, wird in den Spulen keine Spannung induziert und der Eingang (Pin 3) des OP 1 liegt über R 1 sowie dem Innenwiderstand der Spulen L 1 und L 2 auf 0 V. Somit liegt auch der Ausgang (Pin 6) des OP 1 auf ca. 0 V.

Durch die hohe, mit R 2 und R 3 festgelegte Verstärkung des OP 1 (1000fach) kann die Ausgangsspannung (an Pin 6 des OP 1) im Bereich von 0 bis 2 V liegen. Dies beruht auf der möglichen Offsetspannung des OP 1, auf deren Kompensation im vorliegenden Fall verzichtet werden kann.

Sobald die Alu-Kugel in Bewegung versetzt wird, induziert der Magnet in L 1 und L 2 eine Spannung. Diese ist negativ, wenn sich der Magnet auf die Spulen zubewegt und wird im selben Moment positiv, in dem der Magnet die Spulen passiert hat und sich von ihnen fortbewegt.

Eine positive Spannung wird von OP 1 verstärkt und am Ausgang (Pin 6) erscheint ein positiver Spannungsimpuls. N 1 nimmt eine Impulsformung und Invertierung vor. Bei jedem Nulldurchgang der Kugel erscheint am Ausgang des Inverters N 1 (Pin 2) ein negativer Impuls (das Potential wechselt von ca. 9 V auf 0 V). Über D 4 wird der Kondensator



C 1 schlagartig entladen und der Ausgang des Inverters N 2 (Pin 4) wechselt sein Potential von 0 V auf ca. 9 V.

Das Differenzierglied C 2, R 5 überträgt diesen Impuls auf den Eingang (Pin 7) des Inverters N 3, so daß der Ausgang (Pin 6) sein Potential von ca. 9 V auf ca. 0 V wechselt.

Die Ausgänge der 3 parallel geschalteten Inverter/Puffer N 4 bis N 6 wechseln ihr Potential im selben Moment von 0 V auf ca. 9 V. Über D 1 wird in L 1, L 2 ein Strom eingespeist. Die verhältnismäßig hohe Spannung wird ebenfalls von OP 1 verstärkt, so daß der Ausgang (Pin 6 des OP 1) in die Begrenzung geht (ca. +8 V). Der Zustand der Inverter N 1 und N 2 bleibt somit erhalten.

Nach Ablauf der durch C 2 und R 5 bestimmten Zeitkonstanten wechselt das Potential des Ausganges des Inverters N 3 (Pin 6) wieder auf „high“ (9 V) und die Ausgänge der Inverter/Puffer N 4 bis N 6 gehen wieder auf 0 V.

Der in L 1, L 2 eingespeiste Strom fällt ab, wobei sich die Spannung an den beiden Spulen aufgrund der Eigenschaften der Induktivitäten kurzzeitig umkehrt. Da es beim Ausschalten der Induktivitäten in Verbindung mit der hohen Verstärkung des OP 1 zu kurzen Impulsen am Ausgang (Pin 6) des OP 1 kommen kann, wurde das Verzögerungsglied R 4, C 1 dem Inverter N 1 nachgeschaltet, so daß ein kurzer Ausschaltimpuls (Wechsel des Potentials am Ausgang Pin 2 des Inverters N 1 von 0 V auf ca. 9 V) nicht übertragen wird. Die Spulen L 1, L 2 werden bei jedem Schwingungsnulldurchgang mit einem einzigen, exakt definierten Impuls angesteuert.

Dieser Impuls bewirkt ein Abstoßen des Magnetes und die Kugel wird in ihrer Bewegung unterstützt.

Die gesamte Konstruktion ist so ausgelegt, daß die erforderliche Energie zum Aufrechterhalten einer Schwingung gering gehalten wird. Dies kommt der Batteriebensdauer sehr zugute.

Zum Nachbau

Mit Ausnahme der beiden Spulen finden sämtliche Bauelemente auf einer einzigen kleinen Leiterplatte Platz. Die Bauelemente werden anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet.

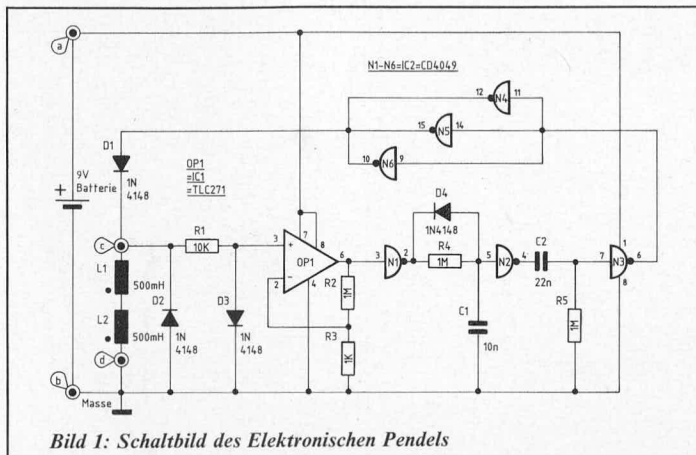


Bild 1: Schaltbild des Elektronischen Pendels

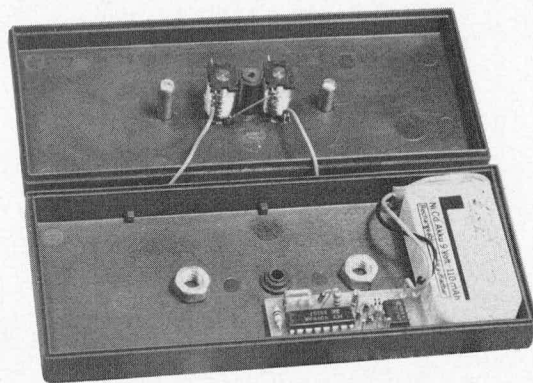


Bild 2: Innenansicht des Gehäuses des Elektronischen Pendels

Entsprechend Bild 2 wird die Platine anschließend so in das Gehäuseunterteil eingeklebt, daß sie gleichzeitig die 9 V Blockbatterie gegen ein Verschieben im Gehäuse sichert.

Die beiden Spulen L 1 und L 2 werden entsprechend der Abbildung 2 links und rechts direkt neben dem mittleren Befestigungsstift des Gehäuseobertheiles an die Deckelinnenseite geklebt. Nachdem die Klebestelle ausgehärtet ist, werden die beiden Spulen anhand Bild 3 a miteinander verbunden (in Reihe geschaltet) und über 2 flexible isolierte Zuleitungen an die Platine gelötet.

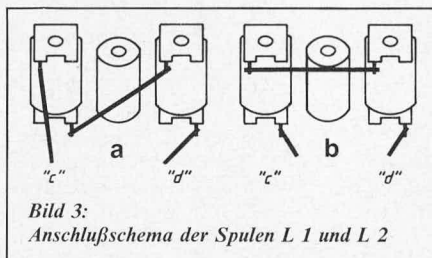


Bild 3: Anschlußschema der Spulen L 1 und L 2

Als nächstes werden zwei 5 mm Bohrungen in einem Abstand von 50 mm (Bild 2) in den Gehäusedeckel eingebracht.

Der 5 mm starke, zu einem 200 mm Kreis gebogene Aluring wird an seinen Enden auf einer Länge von 25 mm leicht abgewinkelt, und zwar so, daß die beiden Enden senkrecht nach unten weisend durch die 5 mm Bohrungen gesteckt werden können. Sie werden soweit durchgesteckt, daß sie erst kurz vor dem Gehäuseboden enden.

Direkt senkrecht unter den beiden 5 mm Bohrungen werden im Gehäuseunterteil zwei Muttern M 6 mm eingeklebt, in die später nach dem Aufsetzen des Gehäuseobertheils die Enden des Alurings münden. Hierdurch ergibt sich eine bessere Stabilität durch Vergrößerung des Hebelarmes. Anschließend wird der Aluring direkt an den beiden 5 mm Bohrungen auf der Gehäuseinnenseite mit reichlich Zweikomponentenkleber befestigt. Es ist darauf zu achten, daß der Aluring genau senkrecht zum Gehäuse steht.

Die Befestigung der Alukugel geschieht wie folgt:

Entsprechend der Abbildung 4 wird zunächst ein dünner Nylonfaden durch die kleine Bohrung an der Kugeloberseite gesteckt, mit mehreren übereinanderliegen-

den Knoten versehen und anschließend bis zu den Knoten wieder zurückgezogen. Danach ist der Magnet mit etwas Klebstoff in die Kugel einzukleben. Der Nordpol weist dabei zur Kugelmittle hin. Sollte sich hier ein Versehen ergeben, so ist dies später durch Vertauschen der Platinenanschlußpunkte „c“ mit „d“ leicht zu beheben.

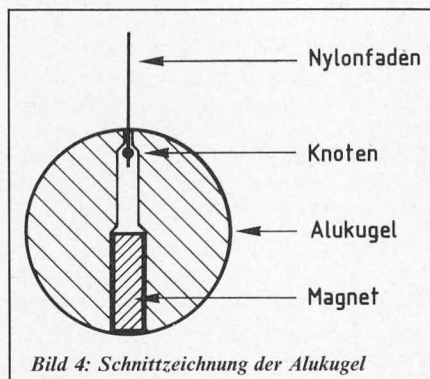
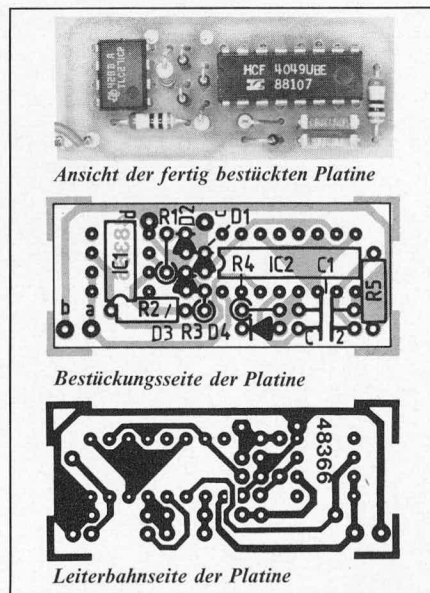


Bild 4: Schnittzeichnung der Alukugel

Nachdem der Klebstoff an allen Stellen gut ausgehärtet ist, kann die Alukugel oben im Zentrum (Zenit) des Alurings befestigt werden. Im einfachsten Fall reicht ein doppelter Knoten. Eine etwas elegantere Lösung stellt eine 1 mm-Bohrung dar, durch die der Nylonfaden gesteckt und mit einem Knoten versehen wird. Der Abstand der Kugelunterseite zur Gehäuseoberseite sollte minimal 4 mm und maximal 8 mm betragen.



Zuletzt muß noch die korrekte Polarität der Spulen sowie des Magnetens getestet und eingestellt werden. Dies ist auf einfache Weise wie folgt möglich:

Das fertig aufgebaute und nochmals geprüfte Gerät nimmt man in Betrieb, indem die Kugel angestoßen wird. Schwingt sie langsam aus (nach einigen Minuten), so muß die Verdrahtung der Spulen entsprechend Bild 3 b geändert werden. Bleibt die Kugel schon nach kurzer Zeit stehen, so ist die Polarität des Magnetens vertauscht. In diesem Fall wird jedoch nicht der Magnet gedreht, sondern die Zuleitungen an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ werden getauscht.

Zuletzt wird das Gehäuse verschraubt und dem Einsatz dieses interessanten Dekorationsobjektes steht nichts mehr im Wege.

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß sich eine naturbelassene Aluminiumoberfläche mit der Zeit mit einer Oxid-Schutzschicht überzieht, die ein leicht gräuliches Finish besitzt. Hierdurch geht der metallische Glanz etwas verloren. Wer dies nicht möchte und auf das metallische Glänzen Wert legt, kann die Aluminiumoberfläche sowohl der Kugel als auch des Alurings mit sehr feinem Schmirgelpapier (200er bis 400er Körnung) polieren und anschließend mit Zapon-Lack überziehen. So bleibt der Glanz langfristig erhalten.

Stückliste: Elektronisches Pendel

Widerstände	
1 kΩ	R 3
10 kΩ	R 1
1 MΩ	R 2, R 4, R 5
Kondensatoren	
10 nF	C 1
22 nF	C 2
Halbleiter	
CD 4049	IC 2
TLC 271	IC 1
1 N 4148	D 1-D 4
Sonstiges	
500 mH	L 1, L 2
1 x 9 V Batterieclips	
4 Lötstifte	
Mechanik-Bausatz	
20 cm Nylonfaden	
1 Alu-Kugel, 25 mm Ø	
1 Aluring, 200 mm Ø	
1 Magnet	
2 Muttern M 6	