

Was haben wir behandelt?

Anhand von einem „Lauflicht“ (Leds in einer Reihe, die nacheinander aufleuchten) habe ich versucht klar zu machen, dass sowohl die leuchtenden LEDs laufen als auch die dunklen Leds laufen, ähnlich ist es beim elektrischen Strom. Als man begonnen hatte mit Elektrizität zu experimentieren, wusste man noch nichts von Elektronen. Man hat festgelegt, dass der Strom vom positiven (Plus) zum negativen (Minus) fließt. Später erst wurden die Elektronen „erfunden“, negative Ladungsträger. Da diese als negativ bezeichnet wurden, war es auch konsequent, dass diese von Minus nach Plus fließen. Man kann sich das so vorstellen, dass dies die dunklen Leds sind die von Minus nach Plus fließen und die hellen Leds jene die von Plus nach Minus fließen. Das eine geht nicht ohne das andere.

Ein elektrisches Bauteil, das eine Spannung liefert, damit ein Strom fließen kann, ist ein Generator. Das kann eine Batterie, ein Akku, ein Dynamo, ein Transformator aber auch eine Verstärkerstufe sein. Alle elektrischen Bauteile haben einen Innenwiderstand, denn sie sind ja aus elektrisch leitenden Materialien aufgebaut. Leider haben sie auch nebenbei „parasitäre“ Kapazitäten und Induktivitäten, die vor allem bei Wechselspannung stören (NF = Niederfrequenz = Hörbereich bis 20 kHz; HF = Hochfrequenz = Rundfunkbereich ab LW = Langwelle: >100 KHz). Je höher die Frequenz der Wechselspannung umso mehr spürt man deren Einfluss.

Am meisten Leistung (Leistung  $P = \text{Spannung } U * \text{Strom } I$ ) kann man aus einem Generator entnehmen, wenn die Belastung also der Lastwiderstand genau so groß wie Generator-Innenwiderstand ist (Leistungsanpassung). Das heißt aber auch, dass an dem Generator-Innenwiderstand genau so viel Leistung abfällt wie am Lastwiderstand, da kommt man nicht drum herum. Das ist der Grund, warum auch der „Generator“ warm wird. Wird die Batterie oder der Akku leer, dann steigt sein Innenwiderstand. Der Gesamtwiderstand dieser Reihenschaltung von Innenwiderstand und Lastwiderstand steigt und der Strom wird deshalb weniger. Außerdem fällt am höheren Innenwiderstand mehr Spannung ab und die Spannung am Lastwiderstand (Klemmenspannung von Batterie/Akku) geht zurück. Weniger Spannung und weniger Strom ist weniger Leistung am Lastwiderstand. Mit einem geeigneten Widerstand und dem Diagramm in den Unterlagen, kann man den Ladezustand von Batterie/Akku überprüfen. Das haben wir mit unseren Batterien gemacht und festgestellt, dass diese noch „voll“ sind.

Wir haben den „Bistabilen Multivibrator“ aufgebaut und erst mal den einen 18 k $\Omega$ -Widerstand nicht an den Kollektor vom zweiten Transistor angeschlossen. Damit haben wir einen zweistufigen, gleichstromgekoppelten Verstärker erhalten. Alle Gleichströme in den Bauteilen sind irgendwie miteinander verbunden.

Den Spannungszustand an einzelnen Punkten der Schaltung kann man vereinfacht so beschreiben: Spannung vorhanden (mehr Spannung) = High (H) = 1; Keine Spannung (wenig Spannung) = Low (L) = 0 So wird es auch in der „Binären Logik“ (Binär = zwei Zustände = 0/1) gemacht.

Legt man das offene Ende des 18 k $\Omega$ -Widerstandes an Plus (H) so ist die Basis vom ersten Transistor „H“ und sein Kollektor „L“ und damit ist auch die Basis vom zweiten Transistor „L“ und dessen Kollektor ist „H“. Entsprechend, die LEDs leuchten/leuchten nicht.

Legt man das offene Ende des 18 k $\Omega$ -Widerstandes an Minus (L) so ist die Basis vom ersten Transistor „L“ und sein Kollektor „H“ und damit ist auch die Basis vom zweiten Transistor „H“ und dessen Kollektor ist „L“. Entsprechend, die LEDs leuchten nicht/leuchten.

Auffällig ist, dass die Spannung am Kollektor (H/L) vom zweiten Transistor gleich der Basis (H/L) vom ersten Transistor ist. Man kann also beide miteinander verschalten.

Legt man nun die Basis von dem Transistor, bei dem gerade die Basis „H“ ist auf Minus „L“, dann „kippt“ die Schaltung in den anderen Zustand und bleibt so, bis man den anderen Transistor entsprechend ansteuert. Das ist eine „Binäre Speicherstufe“ so wie sie millionenfach in Computern eingesetzt wird.

Wir haben den Kondensator besprochen und sein Verhalten an Gleichspannung ausprobiert.

Ein Kondensator entsteht immer dann, wenn zwei gegensätzlich Spannungs-Potenziale (+/- Ladung) gegenüberstehen und sich nicht einfach ausgleichen können. Das sind in der Elektronik meist zwei elektrisch leitende Metallflächen mit einem Isolator dazwischen. Zwischen diesen beiden Ladungen entsteht ein „elektrisches Feld“, so wie man es manchmal bei Gewitter spürt. Wird die Spannung zu hoch, kommt es zum Überschlag und die Ladungen gleichen sich aus. Der Kondensator kann als Ladungsspeicher benutzt werden, erreicht aber bei weitem nicht die Kapazität von Batterie/Akku.

Schaltet man Kondensatoren parallel, dann vergrößern sich die gegenüberstehenden Metallflächen. Man kann also die Kapazitätswerte addieren. Schaltet man die Kondensatoren in Serie, dann ist das als wenn sich der Abstand der Metallflächen vergrößert und die Kapazität nimmt ab, also die Kehrwerte addieren.

Die Kapazität wird in „Farad“ (As/V) gemessen, meist  $\mu\text{F}$  (mikro Farad), nF (nano Farad), pF (piko Farad).

Bei ELkos (Elektrolyt-Kondensator) und Tantal-Kondensatoren muss man die Polung beachten!

Eine elektrische Spannung erzeugt ein „elektrisches Feld“. Verbindet man die beiden Spannungs-Potenziale (+/-) mit einem elektrischen Leiter (kann auch Vakuum sein, siehe Radoröhren) dann fließt ein elektrischer Strom durch den Leiter. Um diesen Strom entsteht ein „magnetisches Feld“.

Wickelt man diesen elektrischen Leiter (Draht) zu einer Spule auf, dann hat man eine Induktivität. Es entsteht ein Magnetfeld wie bei einem Dauermagneten. Ein Trafo (Transformator), eine Elektromotorwicklung, eine Zündspule sind Induktivitäten.

Induktivitäten werden nur bei Wechselspannungsanwendungen verwendet und sie verhalten sich dann ähnlich wie Widerstände sind aber frequenzabhängig. Eine Induktivität kann ähnlich einem Kondensator auch Ladungen speichern aber nur sehr kurz, da ja zwischen den beiden Spannungspotenzialen, die den Strom durch die Spule treiben, eine elektrische Verbindung besteht und sich die Ladung schnell ausgleichen kann. Die Induktivität wird in „Henry“ (Vs/A) gemessen, meist mH (milli Henry),  $\mu\text{H}$  (mikro Henry), nH (nano Henry).

Elektrisches Feld und magnetisches Feld treten immer gemeinsam auf, denn wenn eine Spannung an ein elektrisch leitendes Bauteil angelegt wird ist ein elektrisches Feld vorhanden. Die Spannung lässt einen Strom fließen der ein magnetisches Feld erzeugt. Ist dieses elektro-magnetische Feld durch eine Wechselspannung erzeugt, dann ist es ein elektro-magnetisches Wechselfeld das ständig zwischen Null bis Maximum sich verändert und auch die Richtung ständig ändert. Wenn diese Vorgänge schnell genug stattfinden (HF), dann lösen sich diese Felder von den Bauteilen in den freien Raum, ein Sender ist entstanden.

Hält man einen 1000  $\mu\text{F}$  Kondensator über eine LED an die Batterie, dann sieht man ein kurzes aufblitzen der LED. Es fließt ein Ladestrom in den Kondensator, er wird geladen. Verbindet man dann die beiden Kondensator-Anschlüsse mit einer LED, blitzt diese wieder auf. Immer bei richtiger Polung der LED. Der Kondensator wird entladen, der Entladestrom lässt die LED aufleuchten.

Wir haben ein „Zeitglied“ aus Widerstand und Kondensator probiert. Eine Kombination aus 1000  $\mu\text{F}$ -Kondensator und 150  $\Omega$ -Widerstand (und der LED) lässt den Lade-/Entlade-Vorgang langsamer ablaufen.

Wir haben einen „monostabilen Multivibrator“ gebaut und vorerst wieder als zweistufigen, wechselspannungsgekoppelten Verstärker geschaltet. So konnte das Verhalten der beiden Stufen besser beobachtet werden. Die zweite LED leuchtet da der zweite 18k $\Omega$ -Widerstand an Plus liegt und der zweite Transistor deshalb durchgeschaltet ist. Der erste Transistor kann wie in der vorigen Schaltung umgeschaltet werden und seine LED geht entsprechend an und aus. Das Verhalten der zweiten Stufe hinkt aber hinterher. Was beim einschalten der ersten LED auffallen muss, dann wird das Löschen der zweiten LED verzögert.

Der 22  $\mu\text{F}$ -Kondensator wird über den 130 $\Omega$ -Widerstand recht schnell geladen ( $T = R * C = 130 * 22\mu = 2,86\text{ms}$ ) und dann über den 18k $\Omega$ -Widerstand entladen ( $18k * 22\mu = 396\text{ms}$ ). Als Monoflop wird diese Schaltung in der Elektronik oft zur Impulsverlängerung genommen um z.B. Rechner Tastaturen zu „entprellen“.

Wir haben einen „astabilen Multivibrator“ gebaut. Er hat in jedem Zweig ein Zeitglied. Trennt man einen Zweig auf, dann hat man einen zweistufigen, wechsellspannungsgekoppelten Verstärker. (So sieht eine normale Verstärkerstufe für z.B. NF aus, wenn man die LEDs weglässt.) Wenn diese beiden Zeitglieder gleiche Werte haben, dann schwingt er gleichmäßig von einem zum anderen Zustand. Die LEDs blinken abwechselnd gleich schnell. Man kann die Zeitglieder auch unterschiedlich auslegen. An den Kollektoren der Transistoren kann man ein Rechteck-Signal abnehmen, das zwischen Null und maximaler Spannung wechselt. Das ist bereits eine Wechselspannung! Diese Wechselspannung hat aber einen Gleichspannungsanteil der bei der Hälfte der Wechselspannung liegt. Schließt man einen Kondensator an einen Kollektor (1000  $\mu\text{F}$ ) und daran zwei antiparallel geschaltete LEDs, dann werden beide wechselweise aufleuchten. Das zeigt uns, dass hier ein reiner Wechselstrom fließt. Der Kondensator sperrt die Gleichspannung und lässt nur die Wechselspannung durch.

Diese Spannung hat Rechteckform. Eine Rechteckspannung ist aus einzelnen Sinusspannungen zusammengesetzt. Sinusform ist die reinste Form ohne Oberwellen (reine Prim). Eine Rechteckspannung hat Grundwelle und ungradzahlige Oberwellen (1, 3, 5, 7,...). Das ist wie bei einem Musikinstrument: Alle Instrumente können zusammenspielen weil sie in der gleichen Tonart spielen. Die Instrumente klingen aber unterschiedlich, weil sie unterschiedliche Obertöne produzieren. Man kann aus so einem Rechtecksignal bestimmte Oberwellen herausfiltern, wenn man sie für etwas braucht.

Unsere Netzspannung: 230 V Wechselspannung hat auch Sinusform mit einer Frequenz von 50 Hertz. D.h., dass sich der Sinus 50-mal in der Sekunde wiederholt er ist als 20 ms lang. Die Sinusform entsteht weil die Generatorwicklungen im Generator der Stromversorgungsunternehmen in einer Kreisbewegung die geraden Magnetfelder in den Generatoren durchlaufen, siehe Abbildung.

Das war´s. 73 + 55, DB6UV