
Universelle Batterie-Stromversorgung mit MAX1797

Gunther Zielosko

1. BASIC-Tiger® als Handheld-System

Es kommt immer wieder vor – für eine tragbare BASIC-Tiger®-Anwendung brauchen wir eine Stromversorgung mit Batterien oder Akkus. Natürlich soll diese Stromversorgung einen möglichst hohen Wirkungsgrad haben. Außerdem soll die Zellenzahl nicht größer als nötig werden. Damit scheidet Linearregler wie der 7805 aus. Mit solchen Randbedingungen sind wir bereits auf Schaltregler nach dem Step-Up-Prinzip (Spannung wird hoch transformiert) angewiesen. Zwar haben wir früher schon einmal ein solches Projekt mit dem MAX751 in Angriff genommen (Applikationsbericht Nr. 004), aber so richtig universell war die Lösung nicht. Inzwischen sind einige Jahre vergangen und es gibt wesentlich effektivere Varianten für die Stromversorgung tragbarer Geräte. Unser neues Projekt benutzt als Herzstück einen modernen Step-Up-Wandler von MAXIM, den MAX1797. Wir werden diesen IC näher kennenlernen und verschiedene Konzepte für Schaltungen mit dem BASIC-Tiger® ausprobieren.

2. Der MAX1797 von MAXIM

Mit dem MAX1797 steht ein sehr kleiner, unkomplizierter und dennoch leistungsfähiger IC zur Lösung vieler Stromversorgungsaufgaben mit Batterien oder Akkus zur Verfügung. Ein Datenblatt findet man unter:

<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX1795-MAX1797.pdf>

Zur Arbeitsweise zunächst nur soviel:

Auch der MAX1797 ist ein Schaltregler und wie fast alle diese Bausteine benutzt er eine Induktivität als Energiespeicher. Er erlaubt die Verwendung von Batterien im Bereich von 0,85 V bis ca. 5 V. Die Ausgangsspannung kann entweder durch einen Spannungsteilers in einem weiten Bereich frei gewählt oder durch Verbindung eines Programmiereinganges mit Masse auf die Festspannung + 5 V oder den Anschluß an +OUT auf + 3,3 V eingestellt werden. Dabei ist die Ausgangsspannung dann bereits sehr gut stabilisiert. So weit noch nichts Außergewöhnliches...

Nun hat der MAX1797 gegenüber vielen anderen IC's dieser Klasse aber einen wesentlichen Vorteil. Sein Shut-Down-Eingang sperrt wirklich alle Zweige der Schaltung – andere Bauteile lassen auch bei aktivem Shut-Down noch erheblichen Strom über die Induktivität zu. Diese echte Shut-Down-Eigenschaft ist noch gekoppelt mit einem eingebauten Komparator zur Erkennung einer (nahezu) leeren Batterie, ebenfalls ein Vorteil gegenüber

Konkurrenzprodukten. Und er funktioniert noch bei Batteriespannungen ab 0,85 V, was ebenfalls einen weiten Anwendungsbereich sicherstellt.

Einen „Nachteil“ hat der MAX1797 aber auch – er ist so klein, daß ein Einsatz innerhalb eines Aufbaus mit „fliegender Verdrahtung“ nicht mehr in Frage kommt (Bild 1):

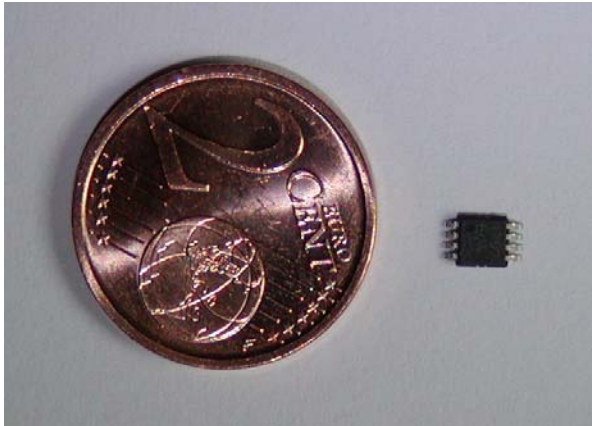


Bild 1 MAX1797 im Größenvergleich zu einer 2 Cent Münze

Deshalb stellt dieser Bericht auch ein Leiterplattenlayout als Grundlage für die verschiedenen Anwendungen dieses IC's vor. Wer möchte, kann sich mit der beigelegten EAGLE-Datei eine Leiterplatte herstellen (lassen) oder Komponenten davon in eigene Layouts einfügen. Die Leiterplatte ist so klein, daß sie mit der kostenlosen Eagle Light Version bearbeitet werden kann. Angelehnt an die Standard-Schaltung im Datenblatt MAX1797 haben wir eine Miniatur-Schaltung aufgebaut, die nahezu alle Möglichkeiten für Stromversorgungskonzepte offen läßt.

3. Die Schaltung

Zunächst scheinen auf der Schaltung Bild 2 doch noch ein paar mehr Komponenten erforderlich zu sein als gedacht, wir werden aber später erkennen, daß je nach Anwendung einige davon entfallen oder z.B. durch 0Ω – Widerstände bzw. Drahtbrücken ersetzt werden können.

Zur Erklärung der Schaltung:

Im einfachsten Fall funktioniert der MAX1797 allein mit den Komponenten L1, C1 und C2. Der Eingang SHDN (Shut-Down) muß dabei an GND gelegt werden. Wenn typischerweise eine Ausgangsspannung von 5 V benötigt wird, legt man Pin 2 (FB = Feed Back) einfach an Pin 5 (GND), für 3,3 V Ausgangsspannung an Pin 7 (+OUT). Alle Widerstände können entfallen – auf der Leiterplatte werden die Lötflächen der SMD-Widerstände lediglich als Stützpunkte für die jeweiligen Verbindungen zu Masse oder Batterie-Plus benutzt. SHDN ist am Steckverbinder erreichbar – im Übrigen ist die Schaltung durch den 8-poligen Pfostenstecker sehr einfach von außen modifizierbar.

Das Datenblatt weist auf ein paar wichtige Dinge hin, die man bei der Verwendung des MAX1797 unbedingt beachten sollte. Die Komponenten C1, C2 und L1 erfordern recht hochwertige Ausführungen, die insbesondere die Hochfrequenzeigenschaften betreffen, also niedrige ohmsche Widerstände, dynamische Strombelastbarkeit usw. Maxim empfiehlt im Datenblatt einige erprobte Typen – am besten, man hält sich an diese Empfehlungen. Ebenso sind speziell die Verbindungen zu den Kondensatoren und zur Spule kurz und niederohmig zu halten. Wenn alles beachtet wird, dankt es der MAX1797 mit hoher Effizienz, guten Regeleigenschaften und wenig Störungen auf der Versorgungsspannung VCC.

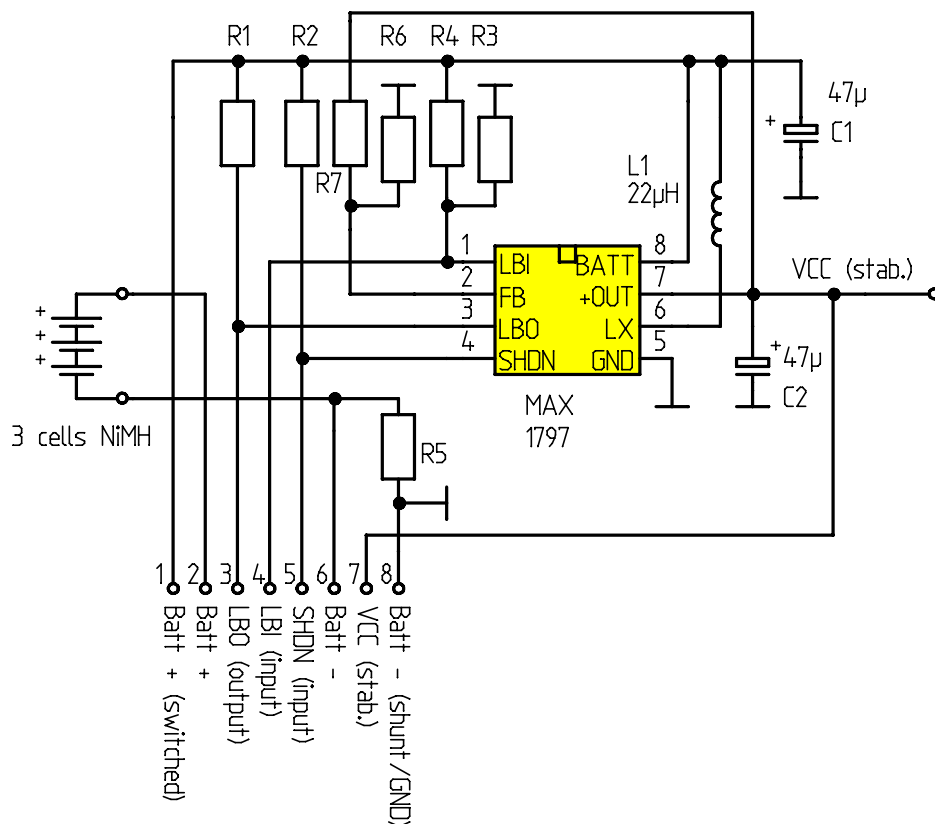


Bild 2 Die Schaltung des universellen Step-Up-Wandlers mit MAX1797

Anhand des Schaltbildes wollen wir jetzt die Funktion der Pins des MAX1797 beleuchten. Einige sind wahrscheinlich sofort klar:

- BATT ist der Batterie-Plus und gleichzeitig die eigentliche Versorgungsspannung des Schaltkreises
- GND die Masse der Schaltung
- +OUT liefert die geregelte Ausgangs-Spannung
- LX ist der Spulenanschluß
- SHDN dieser Eingang schaltet bei angelegtem „High“ den gesamten IC und alle Verbraucher komplett ab, es fließen nur noch einige μA . Bei „Low“ startet der IC und liefert die eingestellte Ausgangsspannung. Der Widerstand R2 dient zur

Festlegung eines definierten SHDN-Pegels, der ohne weitere Beschaltung damit auf „High“ liegt, d.h. der IC arbeitet erst einmal nicht.

Bleiben noch die 3 Anschlüsse FB, LBI und LBO

FB FB (Feedback) dient zur Einstellung der Ausgangsspannung. Es gibt wie schon erwähnt prinzipiell 3 Möglichkeiten:
FB an GND: Ausgangsspannung + 5 V
FB an +OUT: Ausgangsspannung + 3,3 V
FB in die Mitte eines Spannungsteilers gegen +OUT und GND: Einstellung einer wählbaren Spannung zwischen + 25,5 V

Und zum Schluß die Anschlüsse LBI, LBO und die Verknüpfung mit SHDN:

LBI ist ein Eingang zur Erkennung einer zu niedrigen Batteriespannung (Low Battery Input). Wenn man diese Funktion nutzen möchte, schließt man dort normalerweise einen Spannungsteiler an. Die beiden Enden gehen an GND und an BATT. Der Spannungsteiler kann hochohmig ausgelegt werden und wird so eingestellt, daß bei der als Minimum festgelegten Batteriespannung etwa 0,85 V an LBI entstehen. Für 3 NiMH Zellen sollte die untere Batteriespannung etwa 3 V betragen. Als etwa passende Kombination für den Spannungsteiler könnte dann
 $R3 = 220k$, $R4 = 560k$ gewählt werden.

LBO LBO (Low Battery Output), ist der Ausgang eines Komparators, dessen einer Eingang LBI ist. Der andere Eingang liegt fest auf 0,85 V. Sinkt die Spannung an LBI unter 0,85 V, schaltet LBO schlagartig auf „High“. Allerdings ist LBO ein Open-Drain-Ausgang, der erst mit einem Widerstand (in unserer Schaltung R1) einen echten Pegel liefert.

Das Zusammenspiel von LBI, LBO und SHDN hat sich der Hersteller wohl etwa so gedacht. Der Spannungsteiler liefert bei minimaler Batteriespannung an LBI die Spannung von 0,85 V. Sinkt die Batteriespannung weiter, schaltet der Komparator um – LBO geht auf „High“. Mit R1 als Pull-Up-Widerstand wird dieser Pegel an SHDN gelegt, was ein sofortiges Abschalten des IC's und aller an VCC angeschlossenen Verbraucher zur Folge hat. So war es gedacht und funktionierte wohl bei MAXIM auch im Labor mit Netzteil...

In der Realität klappt das aber leider nicht - zumindest nicht dauerhaft. Der Grund ist, die fast leere Batterie wird nach dem Abschalten nicht mehr belastet und „erholt“ sich wieder, was die abgegebene (Leerlauf-) Spannung betrifft. LBI bekommt damit eine höhere Spannung, LBO kippt wieder auf „Low“, der SHDN-Eingang wird „Low“ und damit die ganze Schaltung wieder aktiv. Die Spannung der erschöpften Batterie sinkt unter der Belastung schnell wieder ab und der Vorgang wiederholt sich. Das Ganze geht sehr schnell – im hörbaren Frequenzbereich, sie „piept“. Natürlich wird die Batterie dann auch nicht vor Tiefentladung geschützt. Also kann die Schaltung so, wie im Datenblatt beschrieben, nicht sinnvoll verwendet werden, später werden wir auch hierfür eine funktionsfähige Lösung finden.

4. Die universelle Leiterplatte

Ausgangspunkt für die Konstruktion war ein handelsübliches Batteriefach für drei Mignon-Zellen mit Kontakten, wie sie bei den 9 V – Blockbatterien üblich sind. Die Leiterplatte sollte nicht größer als die Stirnseite dieses Batteriefaches sein und an der richtigen Stelle die Gegen-Kontakte haben, um sie einfach an das Batteriefach anstecken zu können (Bilder 3 und 4).



Bild 3 Montage auf Batteriefach



Bild 4 Gesamtansicht

Unten befindet sich eine Reihe Pfostensteckverbinder, die die universelle Stromversorgung mit der zu versorgenden Schaltung verbinden. Über diese Steckverbinder sind alle wesentlichen Funktionen des MAX1797 „steuerbar“ und es lassen sich viele Stromversorgungsvarianten realisieren. Die Bilder 5 und 6 zeigen weitere Details, die Bilder 7 bis 11 das Layout der Leiterplatte.



Bild 5 Ansicht Batterie-Kontaktseite

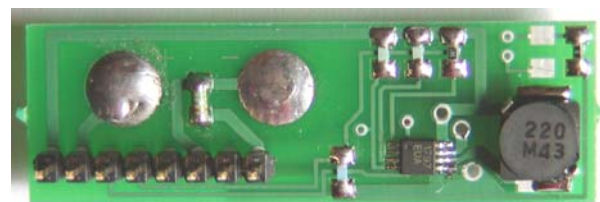


Bild 6 Ansicht Steckverbinder-Seite

Die Abmessungen der Leiterplatte betragen etwa 15mm x 48 mm, durch die Bauweise wird das Batteriefach nur unwesentlich verlängert. Als Pfostenstecker können abgewinkelte oder gerade Ausführungen eingesetzt werden – je nach Aufbau der zu versorgenden Schaltung.

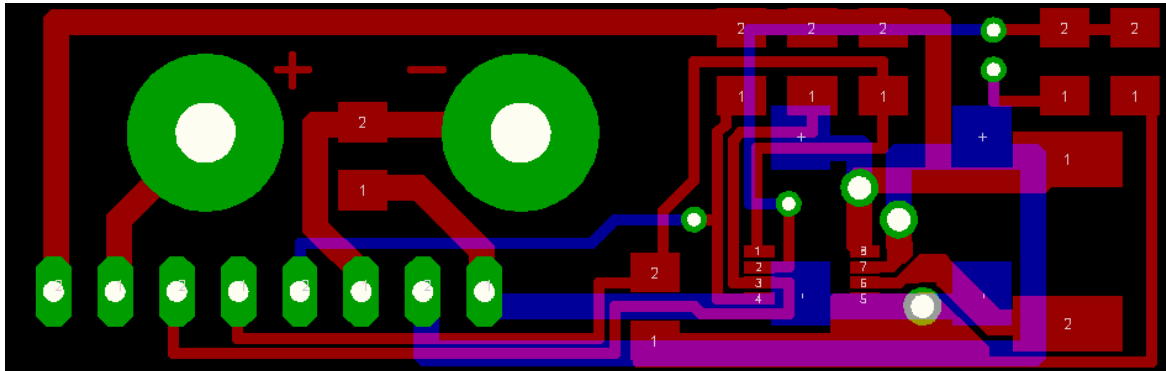


Bild 7 Layout Vorder- und Rückseite

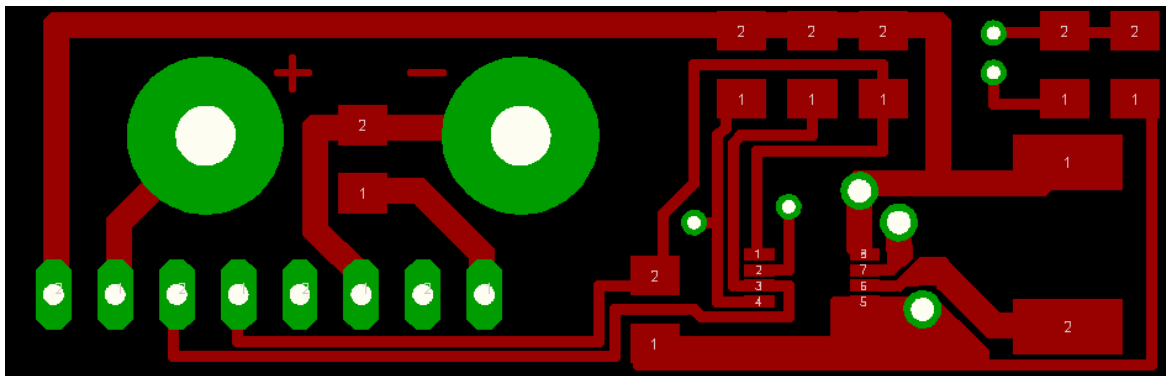


Bild 8 Layout Vorderseite

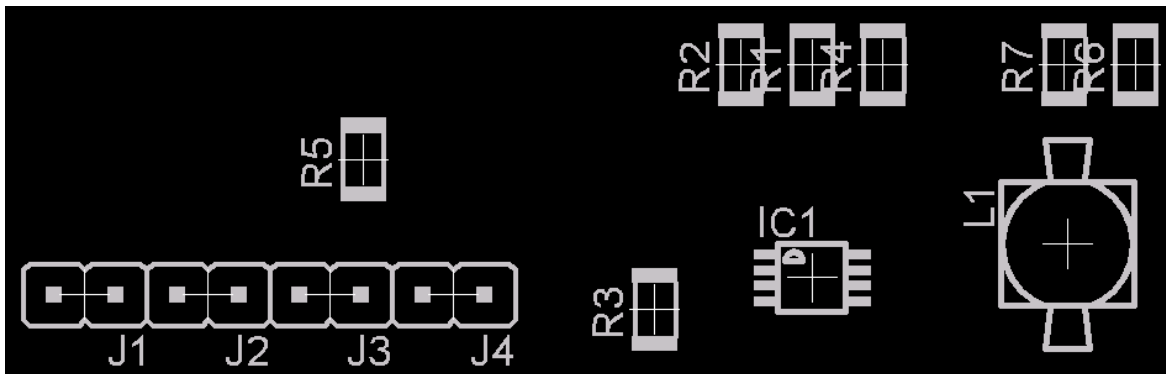


Bild 9 Vorderseite - Bestückung

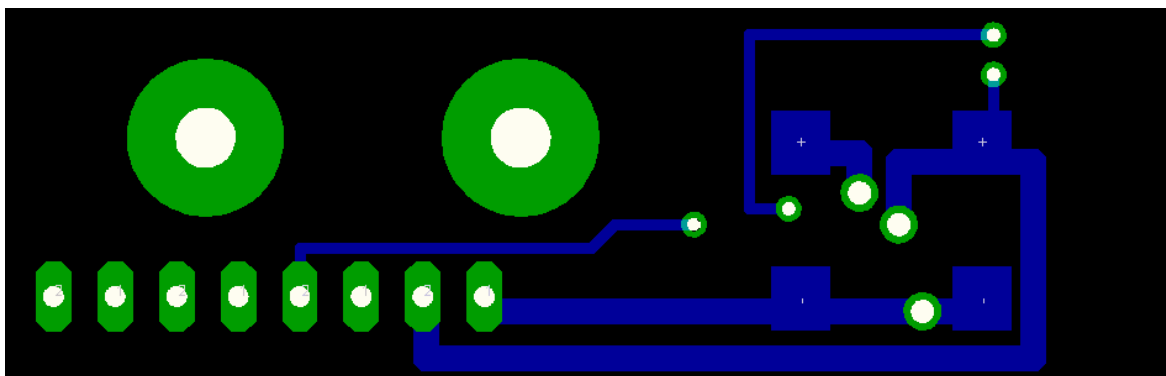


Bild 10 Layout Rückseite (nicht gespiegelt, quasi von vorn durch die Platine geschaut!)

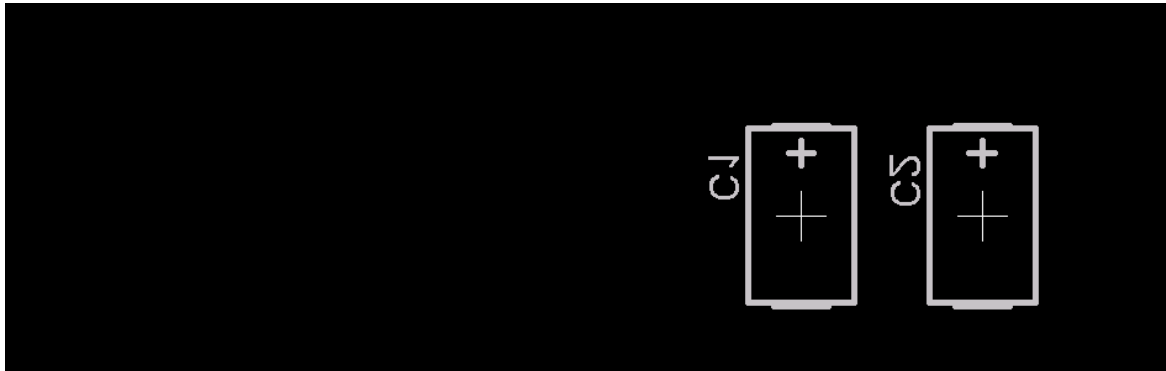


Bild 11 Rückseite - Bestückung

5. Beispiele für unterschiedliche Anwendung der gleichen Platine

Durch unterschiedliche Bestückung auf der Platine und externe Beschaltung der äußeren Kontakte ergeben sich nun viele mögliche Funktionsweisen der Stromversorgungsschaltung. In unserer Anwendung werden wir uns auf eine Ausgangsspannung VCC von +5 V, eine Batterie von 3 Zellen (NiCd, NiMH oder Alkaline) sowie auf eine Minimal-Batteriespannung von 3 V festlegen. Nicht bestückte Komponenten werden in den folgenden Tabellen mit (-), Drahtbrücken oder 0 Ω – Widerstände mit (0 Ω) bezeichnet. L1 hat immer 22 μ H, C1 und C2 immer 47 μ F (Hinweise im Datenblatt beachten!):

A - die einfachste Variante: nur ein ON/OFF-Schalter

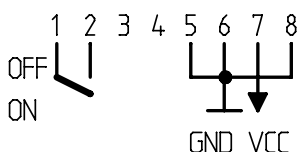
Funktion:

Der Schalter schaltet direkt die Batterie plusseitig ab bzw. an. Die Pins 5, 6 und 8 sind zu verbinden und bilden die Masse für externe Schaltungen. Pin 7 ist die Ausgangsspannung VCC (+5V). Eine automatische Abschaltung bei zu niedriger Batteriespannung ist nicht vorgesehen.

Bestückung:

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1M Ω	1M Ω	-	-	-	0 Ω	-

Externe Beschaltung (die Nummern der Pins beziehen sich immer auf die Schaltung Bild 2):



B - mit Ausgabe eines Signals bei nahezu leerer Batterie

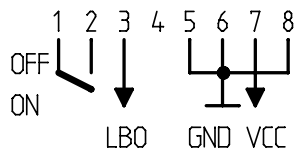
Funktion:

Der Schalter schaltet wieder direkt die Batterie plusseitig ab bzw. an. Die Pins 5, 6 und 8 sind zu verbinden und bilden die Masse für externe Schaltungen. Pin 7 ist VCC (+5V). An LBI liegt ein Spannungsteiler (R3/R4). LBO reagiert auf Batteriespannung < 3 V mit „High“. LBO ist herausgeführt und kann als logisches Signal für die externe Schaltung verwendet werden. Eine automatische Abschaltung bei zu niedriger Batteriespannung ist nicht vorgesehen.

Bestückung:

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1M Ω	1M Ω	220k Ω	560k Ω	-	0 Ω	-

Externe Beschaltung:



C - ein Flip-Flop gestattet das echte Abschalten bei niedriger Batteriespannung

Funktion:

Wir hatten es schon erwähnt, die Kombination LBI, LBO und SHDN gestattet keine rechtzeitige und saubere Abschaltung bei niedriger Batteriespannung. Hier hilft ein Flip-Flop aus Gattern eines CD4093 (4 NAND – Gatter mit Schmitt-Trigger-Eingängen). Das Flip-Flop hat die Aufgabe, eine einmal von LBI festgestellte Spannungsunterschreitung (Batteriespannung < 3 V) über LBO (springt auf „High“) zum Kippen des Flip-Flops in den Aus-Zustand zu benutzen. Auch wenn danach die Batteriespannung wegen fehlender Belastung wieder steigt und LBO wieder auf „Low“ geht, bleibt das Flip-Flop im Aus-Zustand.

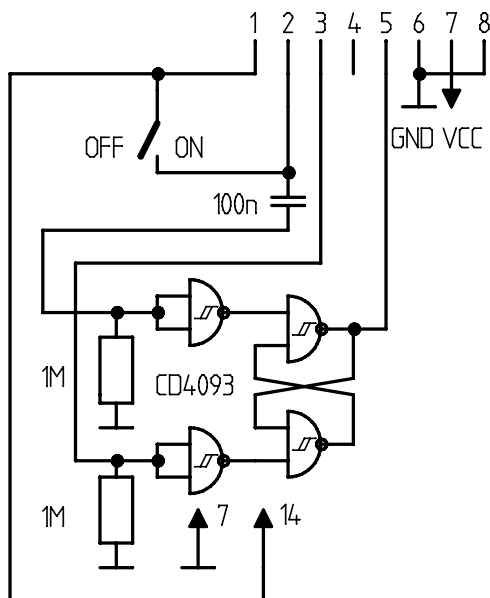
Das Flip-Flop wird direkt aus der Batterie gespeist, auch deshalb wird die Minimalspannung auf 3 V eingestellt (der CD4093 arbeitet bis zur Minimal-Spannung von etwa 3 V). Der ON/OFF-Schalter bleibt, über einen Kondensator 100 nF wird der Einschaltimpuls (Schalter geht auf ON) auf den Einschaltzweig des Flip-Flops gelegt. Dieses kippt und schaltet SHDN auf „Low“. Sinkt im Laufe der Betriebszeit die Batteriespannung unter 3 V, schaltet LBO auf High. Das aktiviert den Ausschaltzweig des Flip-Flops, SHDN geht auf „High“ und VCC wird abgeschaltet. Der MAX1797, seine externen Komponenten sowie der CD4093

verbrauchen in diesem Schlafzustand so wenig Strom, daß dieser nicht ins Gewicht fällt (Selbstentladung von z.B. Akkus ist um Größenordnungen höher!)

Bestückung:

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1M Ω	1M Ω	220k Ω	560k Ω	-	0 Ω	-

Externe Beschaltung:



D - Software als Ausschalter

Funktion:

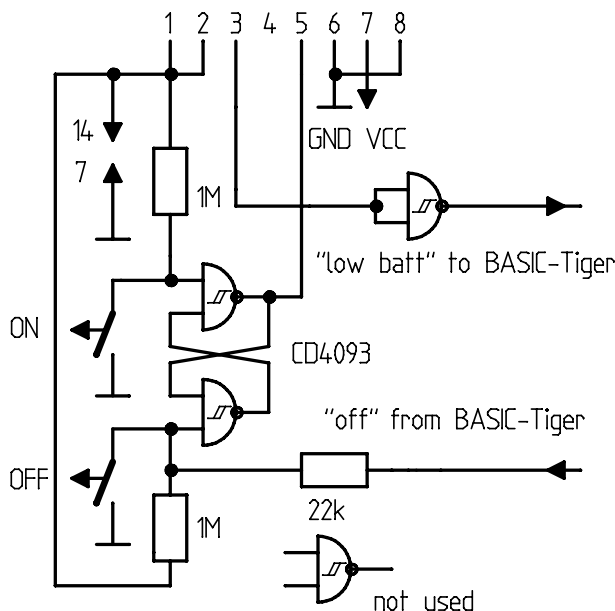
Wenn wir uns schon ein Flip-Flop leisten, bieten sich weitere Möglichkeiten. Der ON-Schalter könnte eine einfache Taste sein (Aktivieren des Einschaltzweiges des Flip-Flops – jetzt einmal als Beispiel eine Taste gegen GND ohne vorgeschaltetes negierendes Gatter). Die Ausschaltung der Stromversorgung erfolgt durch einen „Low“-Impuls am „Ausschaltpin“ des BASIC-Tigers[®] (irgendein freies -I/O-Pin). Dieser Impuls kann z.B. bei Programm-Ende gesendet werden, das System schaltet sich dann komplett selbst ab. Genauso könnte man an einem weiteren I/O-Pin ebenfalls einen Taster anbringen, der als „Aus-Taste“ funktioniert. Das Programm stellt fest, daß die „Aus-Taste“ gedrückt wurde und schaltet seinerseits das „Ausschaltpin“. Der im Schaltbild gezeichnete Ausschalt-Taster bewirkt parallel dasselbe. Zusätzlich wird der LBO-Ausgang über ein Gatter entkoppelt (damit natürlich negiert!) und dann an ein anderes I/O-Pin des BASIC-Tigers[®] geführt. Per Software wird die fast leere Batterie am logischen Pegel „Low“ erkannt (LBO geht auf „High“). Nun kann der BASIC-

Tiger® je nach Anwendung das Programm noch zu Ende bringen, wichtige Daten auf eine Smart-Media-Karte oder im Flash speichern, eine Alarm-Meldung ausgegeben oder sonst irgendwie reagieren. Abschließend gibt der BASIC-Tiger® am „Ausschaltpin“ einen „Low“-Impuls aus, der das Flip-Flop kippt und damit die gesamte Stromversorgung ausschaltet. Eine echt tolle Sache...

Bestückung:

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1M Ω	1M Ω	220k Ω	560k Ω	-	0 Ω	-

Externe Beschaltung:



Im Übrigen können solche Effekte mit diesen Voraussetzungen beliebig erweitert werden. Denken Sie beispielsweise an Zeitsteuerungen mit der eingebauten RTC-Uhr, an Impulse von Bewegungsmeldern oder andere Alarmsensoren. Prinzipiell lassen sich beide Flip-Flop-Zweige durch Impulse ansteuern. Beachten Sie, daß ohne ein Vorgatter zum Kippen des Flip-Flops immer „Low“-Impulse – und zwar nur an einem der beiden Eingänge – nötig sind. Mit Vorgatter darf dann auch nur an einem Eingang „High“-Pegel anliegen, nie an beiden gleichzeitig. Wichtig ist außerdem zu beachten, dass der CD4093 aus der Batteriespannung versorgt wird (nominell 3,6 V) – dadurch sind einmal die ausgegebenen Pegel deutlich kleiner als bei 5 V – Versorgung. Andererseits dürfen Fremdimpulse spannungsmäßig nicht zu hoch und zu energiereich sein, da sonst die CMOS-Eingänge überlastet werden (deshalb auch der Schutzwiderstand von 22 kΩ).

E – wozu dienen eigentlich die Widerstände R5 und R7?

Diese Widerstände wurden bisher nicht verwendet, was kann man damit tun?

R5

R5 kann zum Messen des Stromes aus der Batterie verwendet werden. Sinnvoll sind Größenordnungen deutlich unter 1Ω . Mit einem Multimeter oder über einen OPV-Vorverstärker direkt an einem BASIC-Tiger[®]-Analog-Eingang kann die darüber abfallende Spannung gemessen werden. Besonders die Messung mit dem BASIC-Tiger[®] und seinen Software-Möglichkeiten erlaubt dann die einfache Umrechnung in mA oder sogar in mAh (z.B. verbrauchte Batteriekapazität). Ein solches System kann dann z.B. die noch vorhandene Akku-Kapazität anzeigen oder sogar eine intelligente Akku-Ladung realisieren.

R7

R7 wird nur im Zusammenspiel mit R6 verwendet, wenn „Sonderspannungen“ benötigt werden, also andere Ausgangsspannungen als 5 V oder 3,3 V. Mit dem Spannungsteiler R6 und R7 lassen sich stufenlos Spannungen von 2 V bis 5,5 V einstellen.

6. Gemessene Werte mit der Universalschaltung

Für den Anwender stellen sich natürlich Fragen wie:

Wieviel Strom kann entnommen werden?

Wie stabil ist die Ausgangsspannung?

Damit man sich ein Bild von der Leistungsfähigkeit der kleinen Stromversorgungs-Leiterplatte machen kann, hier ein paar Messdaten. Für die Messreihe 1 wurde die Schaltung A benutzt, d.h. der Shuntwiderstand R5 ist überbrückt. Ist die Batterie hochohmiger (älter, geringere Leistung), befindet sich ein Shuntwiderstand (R5) bzw. ein Amperemeter im Stromzweig oder/und sind die Kontaktübergangswiderstände schlecht, sinkt die Stromergiebigkeit bei konstanter Ausgangsspannung entsprechend (Messreihe 2 – mit Shunt).

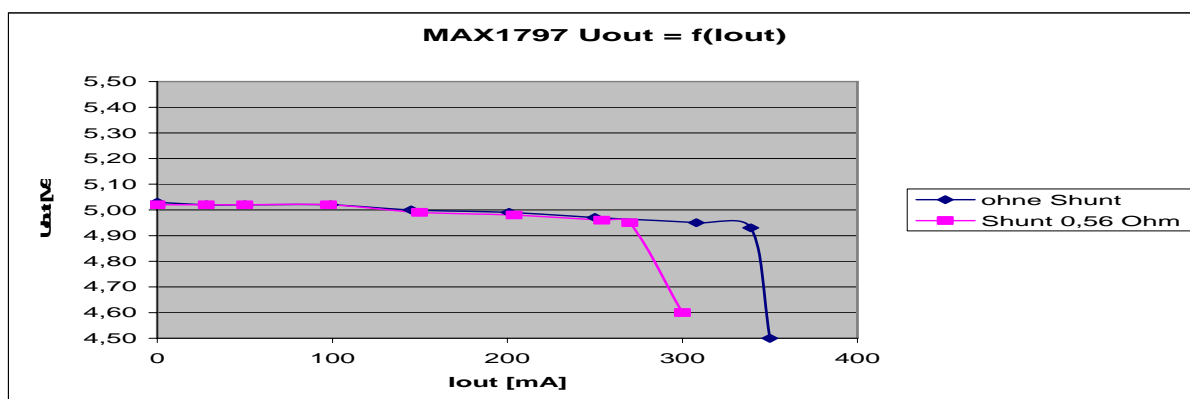


Diagramm 1 Verhältnis Ausgangsspannung und Ausgangsstrom

Es ist schon erstaunlich, was der kleine MAX1797 ohne merkliche Wärmeentwicklung aus den 3 Akkus herausholt. Dabei bleibt der Aufwand in Grenzen. Mit dieser Technik sind Handheld-Geräte auf BASIC-Tiger[®]-Grundlage, die viele Stunden betrieben werden können, kein Problem mehr.

Viel Spaß beim Entwickeln....