
Geordneter Rückzug

Gunther Zielosko

1. Unterbrechungsfreie Stromversorgung für den BASIC-Tiger®

Das Problem kennen Sie vom PC – Sie sind mitten in der Arbeit, und plötzlich gibt es einen Stromausfall. Alle Ihre Daten sind verloren, manchmal passiert noch Schlimmeres, wenn z.B. gerade aktive Programme beschädigt werden. Ganz wichtige Systeme in Medizin, Verkehr usw. besitzen für solche Fälle eine sogenannte Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), die das Gerät meist auf Batteriebetrieb umschaltet. Je nach Einsatzzweck können damit Minuten oder Stunden ohne Netz überbrückt werden. Solche Systeme sind in der Regel recht kompliziert und teuer – lohnt sich der Aufwand für den BASIC-Tiger®? In manchen Fällen sicher ja, denken wir nur an lange Meßreihen in einem Datalogger, Steuersysteme, die Antriebe unter Umständen in gefährliche Zustände steuern können usw. Dabei geht es uns in diesem Beitrag gar nicht darum, ein BASIC-Tiger®-System über Stunden ohne Netz zu betreiben, das könnten wir mit einer größeren Pufferbatterie schaffen. Wir wollen lediglich sicherstellen, daß z.B. wichtige Meßwerte im Falle eines Stromausfalles nicht verloren gehen, sondern noch irgendwo, am besten im Flash des Tigers abgespeichert werden. Dazu braucht man nur Sekunden – ein echter Batteriebetrieb lohnt sich also nicht.

Diskutieren wir einmal ein paar Lösungsmöglichkeiten für das Problem:

- Die einfachste Idee wäre ein großer Pufferkondensator am Ausgang des Spannungsreglers, der auch nach einem Stromausfall noch ein paar Millisekunden oder Sekunden einen Betrieb sichern könnte. Das Problem dabei ist, daß der BASIC-Tiger® einen sehr engen Betriebsspannungsbereich hat, in dem er sicher funktioniert. Es müßte schon ein sehr großer Kondensator sein, der die Spannung längere Zeit auf + 5 V halten kann. Solch ein Kondensator braucht natürlich auch länger, um beim Einschalten auf + 5 V zu kommen, das ist kritisch für das Power-On-Verhalten (RESET). Das nächste Problem entsteht aus dem für den Regler gefährlichen „Reverse-Betrieb“ – auf der Ausgangsseite liegt (noch) eine Spannung an, an der Eingangsseite aber nicht mehr. Daher möchte ein Strom umgekehrt durch den Spannungsregler fließen, was oft durch eine Überbrückungsdiode zwischen Ein- und Ausgang verhindert wird.
- Na gut, wie sieht es eingangsseitig aus? Hier wäre ein großer Pufferkondensator erforderlich, der die unregelmäßige Spannung für längere Zeit so hoch halten kann, daß die Regelung daraus 5 V erzeugen kann. Auch hier haben wir dasselbe Problem, bei einem sehr großen Kondensator steigt die Spannung vor, aber auch nach dem Regler so langsam an, daß ein ordnungsgemäßer RESET nur schwer möglich ist.
- Vielleicht eine Batteriepufferung ausgangsseitig? Hier gibt neben den oben beschriebenen Schwierigkeiten das zusätzliche Problem, daß die Batterie entweder ständig unterladen oder ständig überladen ist. Zumindest mit einfachen Mitteln ist eine konstante Betriebsspannung so nicht zu erreichen.
- Eingangsseitig ginge es schon eher, problematisch ist hier aber, daß Batterien gebraucht werden, die mindestens 7,5 V zur Verfügung stellen, also eine ziemliche Verschwendung.

Das Problem mit einer effektiven und sicheren Ladung und Wartung der Akkus bleibt trotzdem.

- Ein guter Kompromiß zwischen Kondensator und Batterie wäre ein sogenannter GoldCap®-Kondensator, der eine Menge Ladung speichern kann, klein ist und außerdem wartungsfrei. Der könnte für Sekunden einen Betrieb des BASIC-Tigers® sicherstellen. Eine komplizierte Ladeschaltung wie bei Akkus üblich, ist nicht erforderlich. Allerdings haben wir auch hier ähnliche Probleme mit der Spannungskonstanz und der Aufladezeit. Wie wir noch erkennen werden, ist aber auch bei GoldCaps® nicht alles Gold, was glänzt...

Wir stellen fest, daß auch mit GoldCaps® unsere Aufgabenstellung nur mit einer intelligenten Schaltung zu lösen ist. In den folgenden Abschnitten werden wir einiges über die Eigenschaften von verschiedenen GoldCaps® kennenlernen und daraus unsere USV entwickeln.

2. GoldCaps® – große Kapazitäten auf kleinem Raum

Wer sich mit Elektronik beschäftigt, weiß, daß die bisher üblichen Kondensatoren eher winzige Ladungsmengen speichern können. Da ist von pF (Pikofarad = 10^{-12} Farad), nF (Nanofarad = 10^{-9} Farad) oder μ F (Mikrofarad = 10^{-6} Farad) die Rede. Die größten Kondensatoren sind Elektrolytkondensatoren, deren Kapazitäten einige 100 bis einige 1000 μ F erreichen. Diese sind gepolt, dürfen also nur mit Spannung in einer Richtung belastet werden. Bild 1 zeigt einen traditionellen Elektrolytkondensator mit immerhin 4700 μ F für eine Betriebsspannung von 6,3 V.

Seit einigen Jahren gibt es sogenannte GoldCap®-Kondensatoren mit vergleichsweise enormen Kapazitäten von einem bis zu mehreren Farad. Auch diese Kondensatoren sind gepolt. Dabei ist GoldCap® ein Markenname, die Fachbezeichnung ist Doppelschicht-Kondensator (multilayer capacitor). GoldCaps® werden meist in anderen Bereichen angewendet, z.B. als Fahrrad-LED-Rücklicht oder als RAM - „Pufferbatterie“. Wären das die richtigen Energiespeicher für unsere Anwendung?

Ein Farad, was heißt das eigentlich? Einfach ausgedrückt ist das die Kapazität eines Kondensators, bei der die Spannung bei der Entladung mit 1 A in einer Sekunde um 1 V absinkt. Unsere Anwendung BASIC-Tiger® mit etwas Peripherie könnte mit ungefähr 100 mA auskommen, d.h. nach 10 Sekunden ist die Spannung um etwa 1 V abgesunken. Das klingt gut, in 10 Sekunden sollten alle Notspeicherungen erledigt sein – allerdings haben wir noch ein Problem. 4 V sind einerseits noch ganz schön viel, aber leider funktioniert der BASIC-Tiger® mit 4 V schon lange nicht mehr. Es bleibt also nur ein Bruchteil der Zeit, bei der die Betriebsspannung für den BASIC-Tiger® noch ausreicht.

Es gibt noch ein paar Hiobsbotschaften für die Anwendung von GoldCaps® aus der Bastelkiste. Sie dürfen keinesfalls mit Spannungen über 5,5 V betrieben werden, manche halten sogar noch weniger aus! Damit scheidet eine einfache Pufferung der Primärseite des Spannungsreglers aus. Weit mehr Sorgen macht uns aber, daß übliche GoldCaps® einen

vergleichsweise sehr hohen Innenwiderstand aufweisen – 30 Ω ist ein typischer Wert für Standard-Bauelemente. Damit sind solche GoldCaps[®] praktisch unbrauchbar für unsere Anwendung – bei 100 mA würden im Kondensator bereits 3 V verloren gehen.

Schade – wieder ein Mißerfolg?

Aber wie immer in der Technik gibt es auch hier einen Ausweg. Neuerdings werden auch GoldCaps[®] mit sehr kleinem Innenwiderstand (bis herunter zu 0,003 Ω) und noch wesentlich größerer Kapazität (z.Zt. bis 2000 F) hergestellt. Das Ziel dieser Entwicklungen ist, leistungsfähige und kleine Ladungsspeicher unter anderem für Fahrzeuge zu bekommen. Solche GoldCaps[®] sind genau das Richtige für uns – große Kapazität und kleiner Innenwiderstand. Wie sieht es mit der Spannungsfestigkeit aus? Leider eher schlecht, diese Bauteile vertragen noch weniger als die einfachen GoldCaps[®] – 2,3 V ist die übliche absolute Obergrenze. Ähnlich ernüchternd ist der Preis, für einen GoldCap[®] mit 50 F und 0,1 Ω Innenwiderstand von Panasonic (EECHW0D506, Bild 2) zahlt man um die 15 Dollar. Dabei sieht er auf den ersten Blick genauso aus wie der Standard-Elko von Bild 1 für ein paar Cent. Das alles soll uns nicht abschrecken, diese GoldCaps[®] werden die Ausgangsbasis für unsere BASIC-Tiger[®]-USV sein.

Eine Bezugsquelle ist:

<http://www.spoerle.de/>

unter der Bezeichnung:

Supplier: Panasonic

Part Number: EEC HW0D506 50F/2,3V

Description: DOPPELSCHICHTKOND. 50F 2,3V 60°C -20+40%
D18,5XL42 MAX.RM 7,5

Informationen zu diesen Bauteilen gibt es bei:

<http://www.maco.panasonic.co.jp/www-cgi/jvcr13pz.cgi?E+PZ+4+ABC0008+EECHW0D506>



*Bild 1 Traditioneller Elektrolytkondensator
4700 μ F / 6,3 V*



*Bild 2 Standard-GoldCap[®] 1 F / 5,5 V mit
30 Ω Innenwiderstand (unten) und
Hochleistungs-GoldCap[®] 50 F / 2,3
V mit 0,1 Ω Innenwiderstand von
Panasonic (oben)*

3. Das Schaltungskonzept

Ausgangsbasis für unsere USV sind die oben beschriebenen GoldCaps[®] 50 F / 2,3 V. Eine einfache Pufferung vor oder nach einem Standardregler haben wir bereits ausgeschlossen. Eine brauchbare Lösung für die Bereitstellung einer konstanten Betriebsspannung von 5 V aus einer absinkenden Kondensatorspannung ist ein Step-Up-Regler mit einem MAX751, den wir bereits aus einem früheren Applikationsbericht kennen.

Zur Information hier eine Download-Adresse für das Datenblatt:

<http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/MAX751.pdf>

Da dieser Regler für den sicheren Betrieb mit der angestrebten Belastungsfähigkeit von > 100 mA und eine ausreichende „Gangreserve“ eine Eingangsspannung von mindestens 2 V benötigt, müssen wir 2 GoldCaps[®] in Reihe schalten. Damit verringert sich zwar die Kapazität, die an ihnen anliegende Spannung kann aber insgesamt höher als 2,3 V werden. Diese Reihenschaltung muß mit spannungsbegrenzenden Komponenten über jedem GoldCap[®] so abgesichert werden, daß unter keinen Umständen mehr als 2,2 V an einem GoldCap[®] anliegt. Am besten dafür geeignet sind ausgemessene LED's, die eine Zenerdioden-ähnliche Charakteristik haben. Eine gute Wahl sind LED's mit 2,1 V bei einer Reihenschaltung von 2 GoldCaps[®], hier muß man ein wenig experimentieren. Die maximale Eingangsspannung für den MAX751 liegt bei 5,25 V, damit ist eine Vor-Regelung dieser Eingangsspannung mit einem 7805 auf 5 V sinnvoll. Die komplette Schaltung sieht dann so aus:

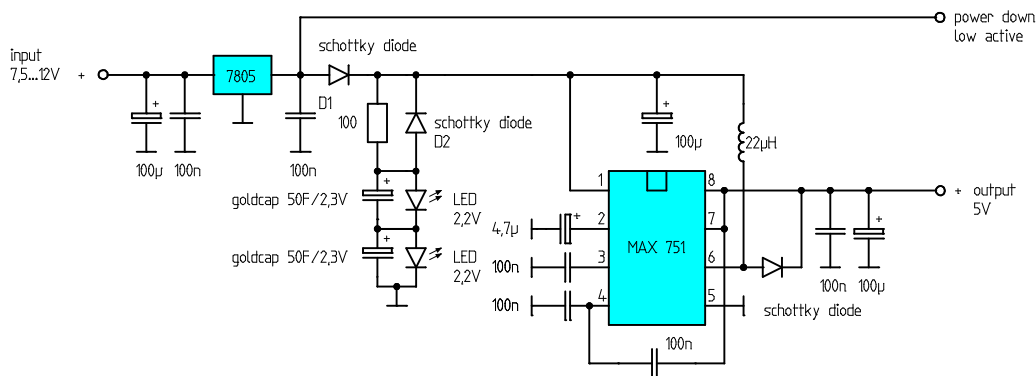


Bild 3 Spannungsversorgung mit „Gangreserve“ für den BASIC-Tiger[®]

Zur Funktion:

Der erste Regler mit 7805 arbeitet genauso, wie wir es vom Plug & Play Lab kennen. Aus einer Eingangsspannung von 7,5 V bis 12 V wird eine konstante Spannung von 5 V erzeugt. Über einen Ladewiderstand (hier 100 Ω) wird die Reihenschaltung von 2 GoldCaps[®] langsam über die Diode D1 aufgeladen. Die Aufladung kann je nach Ladewiderstand bis zu einigen Stunden dauern. Die jeweils zu den GoldCaps[®] parallel geschalteten LEDs (Brennspannung unbedingt < 2,2 V) verhindern eine Überbeanspruchung der empfindlichen Super-Kapazitäten. Gleichzeitig wird angezeigt, daß die Aufladung beendet ist. Über die Diode 1 gelangt die um deren Flußspannung verringerte 5 V - Spannung gleichzeitig an den Eingang des MAX751. Der macht daraus wieder eine geregelte 5 V - Spannung, die Vcc für den BASIC-Tiger[®]. Je kleiner der Spannungsabfall an der Diode, desto effektiver arbeitet die

Schaltung, deshalb wird hier eine Schottky-Diode mit sehr geringer Flußspannung vorgeschlagen.

Soweit der Normalbetrieb. Im Falle eines primären Spannungsausfalles passiert nun folgendes:

Bei aufgeladenen GoldCaps® liegt an ihnen eine Spannung von bis zu 4,4 V an (bei 2 GoldCaps® in Reihe). Über die zweite Schottky-Diode D2 übernehmen nun sofort die GoldCaps® die Spannungsversorgung, und das je nach Last einige 10 bis 100 Sekunden. Ein Rückfluß über den 7805 wird durch die Diode D1 verhindert. Solange die Spannung der GoldCap®-Reihenschaltung über 2,5 V liegt, hält der MAX751 die Vcc konstant auf 5 V.

Am Ausgang des 7805 erkennen wir noch eine Leitung, die zu Signalzwecken benutzt wird. Diese führt im Normalbetrieb High-Pegel. Beim Abschalten der Primärspannung geht sie sofort auf Low. Das kann als logisches Eingangssignal für einen BASIC-Tiger® I/O-Pin benutzt werden. Wird hier Low erkannt, können Datensicherungs-Maßnahmen eingeleitet werden.

Noch ein paar Worte zum Step-Up-Regler mit dem MAX751. Die Komponenten Spule und Schottky-Diode sind Spezialbauteile, die am besten laut Datenblatt des MAX751 ausgewählt werden. Wichtig ist auch, daß das vorgeschaltete Netzteil einen ausreichend großen Anlaufstrom zur Verfügung stellen kann. Den braucht die Schaltung zum sicheren Anschwingen. Arbeitet alles normal, wird der Strom wieder erheblich kleiner. Bei ersten Versuchen sollten Sie darauf achten, daß beim Einschalten der Primärspannung sofort eine Ausgangsspannung von 5 V zur Verfügung steht – auch unter Last! Sollte das nicht der Fall sein, arbeitet der MAX751 nicht korrekt und wird unter Umständen heiß. In diesem Falle sollten Sie die Primärspannung sofort ausschalten und die Fehlerursache beseitigen. Folgende Fehler könnten auftreten:

- Netzteil strommäßig zu schwach
- Zu große Last am Ausgang
- Ungünstige Leitungsführung oder –stärke
- Schlechte Masseverhältnisse

usw.

Hoffentlich klappt alles, dann haben Sie eine Spannungsversorgung für den BASIC-Tiger®, die auch eine kurzzeitige Netzunterbrechung toleriert oder bei batteriebetriebenen Geräten einen Batteriewechsel ohne Datenverlust gestattet. Ebenso ist eine Datenrettung bei Stromausfall nun kein Problem mehr. Übrigens, die vorgestellte Schaltung ist natürlich auch für andere Systeme geeignet, bei denen die Betriebsspannung nach dem Ausschalten des Netztesiles noch einige Zeit erhalten bleiben soll. Die Diagramme (Bild 4 und 5) zeigen Resultate, die mit der Schaltung gewonnen wurden. Als Last wurden 40 Ω benutzt, was einem Strom von etwa 125 mA entspricht.

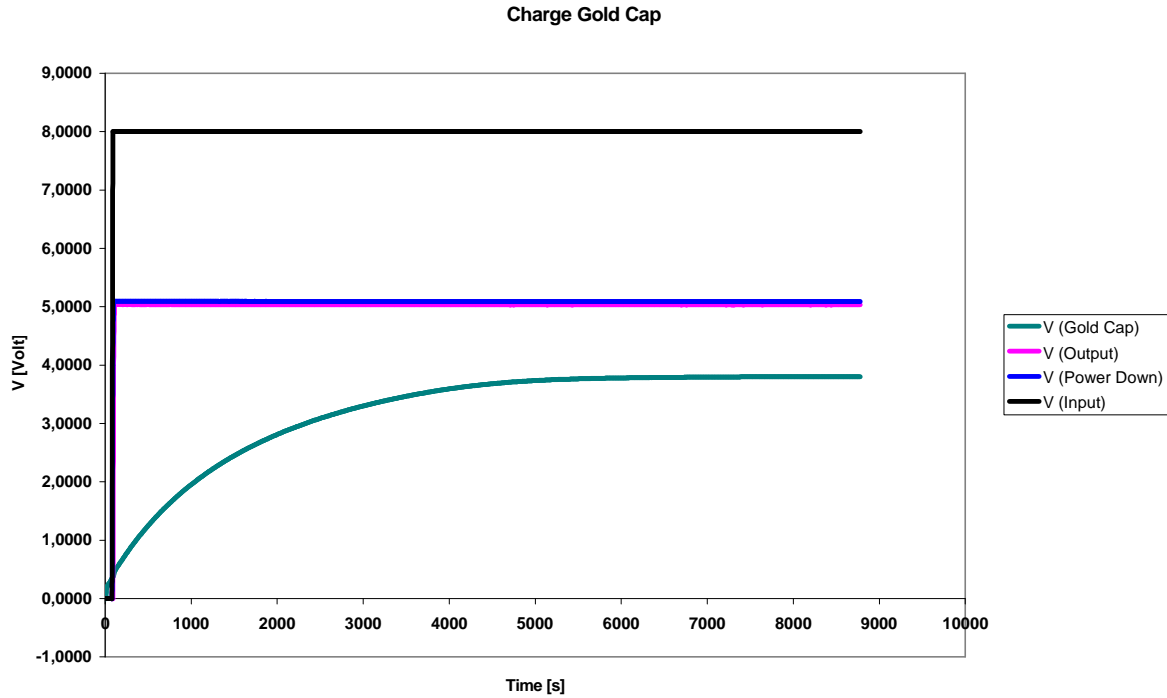


Bild 4 Aufladung des Gold Caps[®] von 5 V aus über 82 Ω , Last am Output 40 Ω

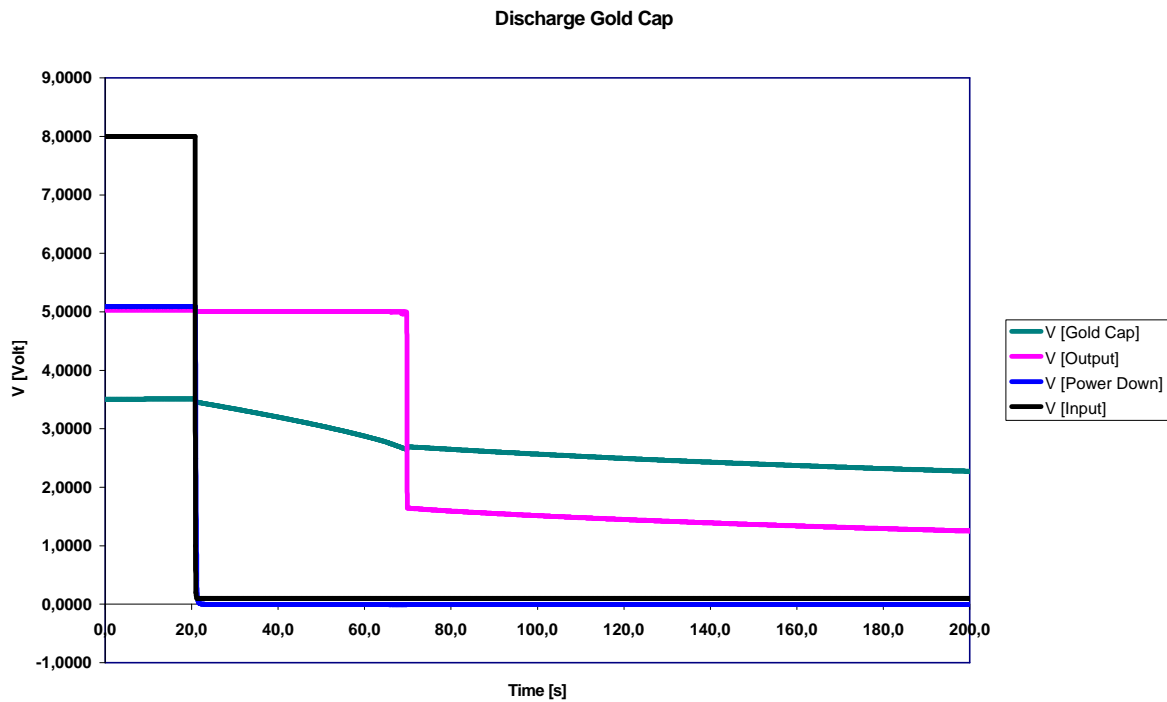


Bild 5 Entladung des Gold Caps[®] mit 40 Ω am Output

4. Sicherheitshinweise

Die von uns verwendeten Doppelschicht-Kondensatoren sind sehr empfindliche und teure Bauelemente auf elektro-chemischer Basis. Sie dürfen weder verpolt noch spannungsmäßig überlastet werden, auch nicht kurzzeitig! Andererseits speichern sie eine enorme Ladungsmenge und haben einen sehr kleinen Innenwiderstand. Schließen sie deshalb geladene GoldCaps® niemals kurz, in solch einem Falle können Ströme von vielen Ampere fließen. Für ihren Schraubenzieher oder LötKolben, aber besonders den teuren GoldCap® und den Rest der Schaltung könnte dies das Ende bedeuten. Zusätzlich besteht bei solchen Fehlbehandlungen Explosionsgefahr – wie übrigens bei jedem normalen Elko auch! Es ist empfehlenswert, über jeden GoldCap® einen Entladewiderstand von z.B. 1 kΩ anzuordnen, mit dem eine vorsichtige und dauerhafte Entladung erfolgen kann. Das verhindert auch ein Feuerwerk beim versehentlichen Ablegen der scheinbar spannungslosen Schaltung auf einer leitenden Unterlage.