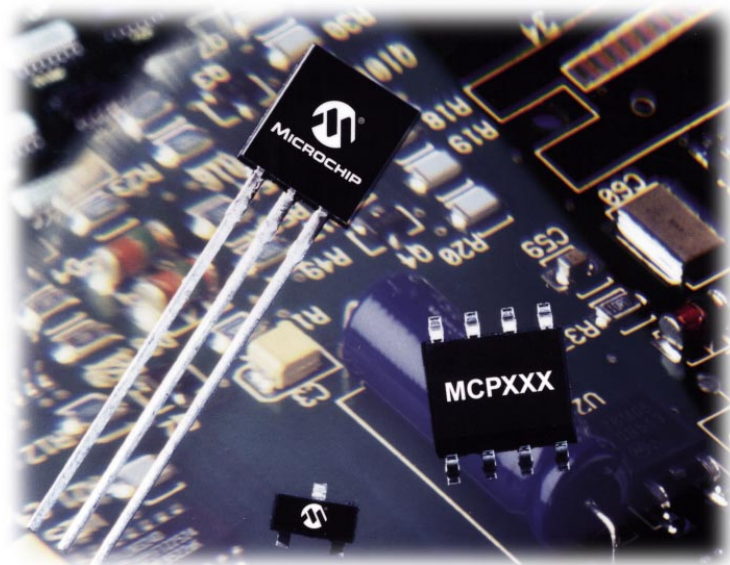


Lösung von Power-Problemen im Embedded-Design



Wenn diese Probleme nicht bereits in der Entwicklung richtig gelöst werden, kann dies ernste Folgen für die Organisation haben: geringere Zuverlässigkeit, höhere Verschrottungs- und Produktionskosten sowie höhere Kosten für Produkt-Rücklieferungen und Reparaturen. Mit System-Supervisor-Bauteilen lassen sich häufig auftretende Power-Probleme eliminieren, die beim Hochfahren, im Betrieb und beim Herunterfahren von Systemen auftreten können. Der vorliegende Artikel diskutiert diese Design-Probleme, beschreibt den effektiven Einsatz von Supervisor-Bauteilen und erläutert die Kriterien für die Auswahl passender Supervisor-Bauteile.

Eine Überwachungsschaltung lässt sich für verschiedene Anwendungsgebiete einsetzen. Während der Boot-Sequenz hält das Bauteil den Mikrocontroller im Reset-Zustand, bis die Versorgungsspannung im System den korrekten Pegel erreicht hat und stabil ist (POR-Funktion). Wenn die Versorgungsspannung beim Herunterfahren oder bei Unterspannung im Netz unter einen Nominalwert abfällt, setzt das Bauteil den Controller sofort zurück. Manche Supervisor-Bauteile bieten zusätzlich Funktionen wie eine Batteriezustandswarnung, einen Watchdog-Timer oder andere, komplexere Funktionen.

Bruce Negley **Stromversorgungsprobleme gehören zu den schwierigsten Herausforderungen eines Ingenieurs. Mikrocontroller oder Systembauteile können sich anomal verhalten, wenn die Versorgungsspannung während des Hochfahrens Störsignale enthält, wenn während des Betriebs Spannungspulse auf der Versorgungsspannung auftreten oder wenn die System-Versorgungsspannung abgeschaltet wird.**

Am Anfang: Boot-Probleme

Wer mit einem Prototypen-System arbeitet, weiß wie man einen Reset-Schalter an das Reset-Pin des Mikrocontrollers anschließt. Da Entwickler sowohl Hard- und Firmware-Veränderungen vornehmen, die im System manchmal Fehlfunktionen verursachen, verhält sich der Mikrocontroller nicht mehr normal oder arbeitet nicht mehr. In diesem Fall drückt der System-Entwickler mehrmals den Reset-Knopf, denn vielleicht löst sich damit das Problem. Bleibt das Problem bestehen, dann nimmt er weitere Änderungen vor und der Prozess geht weiter. Per Tastendruck lässt sich das System manuell zurücksetzen. Dies mag

für die Systementwicklung ausreichen, wie aber sichert man ein korrektes Hochfahren des Systems, wenn das System in die Produktion geht?

Bei vielen Systemen ist die Reset-Leitung mit einem einfachen Pull-up-Widerstand beschaltet, und das System arbeitet immer korrekt. Was aber, wenn verschiedene Bauteile im System während des Hochlaufens der Versorgungsspannung gleichzeitig hochfahren, und auf der Versorgungsspannungsleitung Störspannungen injiziert werden? Die meisten Mikrocontroller besitzen Spezifikationen, in denen Power-up-Rampen für die korrekte Initialisierung des Controllers definiert sind. Bei einem kurzfristigen Spannungseinbruch auf der Versorgungsleitung führt der Mikrocontroller (oder irgendein anderes Bauteil) falsch hoch, sodass das System nicht wie beabsichtigt arbeiten kann. Hier kann ein Supervisor-Bauteil das Problem lösen: Es hält den Mikrocontroller im Reset-Zustand, bis die Versorgungsspannung einen stabilen Pegel erreicht hat. Je nach Bauteil benötigt man unterschiedliche Timeout-Perioden; typische Werte liegen zwischen 150 und 500 ms. Ist der Timeout abgelaufen, dann gibt das Bauteil die Reset-Leitung frei; nun kann der Mikrocontroller mit der Ausführung seines Codes beginnen.

Brown-Out – ein schmutziges Problem

Bei einem Brown-Out bricht die Versorgungsspannung ein oder sackt unter einen sicheren Betriebswert ab, bevor sie auf einen normalen Wert zurückkehrt. Die Gründe dafür können sehr vielfältig sein: eine fehlerhafte Spannungsregelung, Ein- und Ausschalten anderer Systemkomponenten, Fehlfunktionen des Systems usw. Leider treten Brown-Out-Zustände selten während der Systementwicklung auf. Ärgerlich wird es aber, wenn die Produktion beginnt und alle Systemkomponenten installiert sind, bevor ein solcher Zustand erkannt wird. In dieser Phase tauchen oft verwirrende Probleme auf, die sich schließlich auf irgend einen Brown-Out-Zustand zurückleiten lassen. Solche Probleme haben oft sehr unterschiedliche Symptome. So könnte zum Beispiel ein Logik-Pegel falsch interpretiert werden, oder CMOS-Bauteile könnten auf Grund ungültiger Eingangspegel in den Latch-up-Zustand gehen. Brown-Outs können auch noch hinterhältigere Schwierigkeiten verursachen, wenn RAM-Speicherstellen im Mikrocontroller korrumpiert werden. Dies kann dazu führen, dass sich der Mikrocontroller irrational verhält: Er führt zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Aktionen aus. Diese Probleme könnten verborgen bleiben, wenn man zur Untersuchung des Problems einen Emulator verwendet.

Herunterfahren

Die meisten modernen Mikrocontroller besitzen keinen eingebauten POR/BOD-Schutz. Falls doch, dann bieten sie möglicherweise keinen geeigneten Schutz gegen bestimmte Systemausfälle. Ein gängiges Problem ist der „Amoklauf“ des Mikrocontrollers, wenn die Versorgungsspannung z. B. beim manuellen Abschalten eines Netzteils oder am Ende der Batterie-Lebensdauer langsam abfällt. In dieser Situation können viele Mikrocontroller ihren Programmcode ziellos durchlaufen. Möglicherweise reicht die Spannung nicht aus, um die RAM-Speicherinhalte zu sichern. Dann könnten der Programmzähler und auch andere im RAM gespeicherte Variablen ungültige Daten enthalten. Dies kann dazu führen, dass der Mikrocontroller beliebige oder alle Abschnitte des Codes im Programmspeicher mit unbestimmten Werten in allen RAM-Zellen ausführt. Je länger die Versorgungsspannung zum Herunterfahren benötigt, umso größer ist die Gefahr, dass eine solche Situation entsteht und Probleme verursacht. Bei manchen Systemen verur-

sacht diese Situation keine ernsteren Probleme, als das Versenden ungültiger Daten an das Display beim Herunterfahren des Systems. Enthält das System allerdings andere Komponenten, die bei niedrigerer Spannung arbeiten wie z. B. EEPROMs, dann könnte das Problem ernster werden. EEPROM-Bauteile arbeiten bis herunter zu 1,8 V und können selbst noch bei 1,2 V auf Befehle reagieren. Führt der Mikrocontroller einen Codeabschnitt mit Schreibzugriffen auf ein EEPROM aus, dann besteht akutes Risiko, dass zufällige Daten in das EEPROM geschrieben werden. Diese werden dann vielleicht beim nächsten Start des Systems gefunden. Dieses Problem übersieht man sehr oft in der Systementwicklung, wenn das System

nicht regelmäßig ein- und ausgeschaltet wird, oder wenn es in der Entwicklung seine Versorgungsspannung aus einer anderen Quelle erhält, als beim gefertigten Produkt. Entsprechend taucht dieses Problem oft auf, wenn das System in die Fertigung geht und an den verschiedenen Stellen der Produktionslinie mit unterschiedlichen Stromversorgungen getestet wird. Die typische Situation sieht so aus: Daten werden in das EEPROM geschrieben, das System wird als gut getestet und anschließend abgeschaltet. In der nächsten Station fällt auf, dass die Daten im EEPROM korrumpiert sind. Dies führt oft zu Rückfragen beim EEPROM-Hersteller und zu Reklamationen wegen Data-Retention-Problemen, obwohl das eigentliche Problem war, dass der Mikrocontroller während des Herunterfahrens Schreibbefehle an das EEPROM geschickt hat.

Die passende Lösung

Für die normalen POR/BOD-Supervisor-Bauteiltypen muss man folgende Kriterien beachten: die Reset-Spannung, den Typ des Ausgangstreiber und die Reset-Polarität. Die meisten Supervisor-Bauteile sind mit unterschiedlichen Reset-Spannungen für 5-V- und 3-V-Systeme erhältlich. **Tabelle 1** zeigt typische Reset-Spannungsbereiche. Die Auswahl des richtigen Auslösepunkts hängt hauptsächlich vom Betriebsspannungsbereich des verwendeten Controllers und dem Schwankungsbereich der Ver-

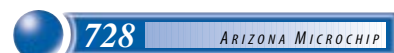
sorgungsspannung ab. Wenn man den höchsten Auslösepunkt auswählt, ergibt dies keine Wechselwirkungen bei normalen Variationen der Betriebsspannung. Ein typischer Mikrocontroller könnte bei 5 V, $\pm 10\%$ oder 4,5 bis 5,5 V arbeiten. Die Wahl eines Bauteils mit einem Auslösepunkt im Bereich von 4,5 V bis 4,75 V gewährleistet, dass der Controller zurückgesetzt wird, bevor das untere Ende des Betriebsbereiches erreicht wird.

Viele Anbieter liefern für ihre Bauteile auch unterschiedliche Ausgangstreiber-Optionen. Gängige Auswahlmöglichkeiten sind Open-Drain, Open Drain mit internen Pull-up Widerstand und normale Gegentakt-Ausgangstreiber. Bei Open Drain-Ausgängen können meh-

Mindest-Auslösewert (V)	Typischer Auslösewert (V)	Maximaler Auslösewert (V)
2,55	2,625	2,70
2,85	2,925	3,00
3,00	3,075	3,15
4,25	4,375	4,50
4,35	4,475	4,60
4,50	4,625	4,75
4,60	4,725	4,85

Tabelle 1: Typische Auslösewerte

tere Quellen die Reset-Leitung in den Reset-Zustand ziehen, wie z. B. eine Drucktaste oder irgendein anderes Bauteil, das den Controller zurücksetzen kann wie etwa ein Übertemperatur-Sicherheitschalter. Da manche Mikrocontroller eine Reset-Leitung in negativer Logik besitzen und andere eine mit positiver Logik, muss das Reset-Bauteil die richtige Polarität besitzen. Ein Anhaltspunkt: Die Bauteile MCP 100/120/130 arbeiten mit negativer Logik; das MCP 101 besitzt positive Logik. (jj)



Bruce Negley ist Applications Manager für Microperipheral Products, Arizona Microchip Technology GmbH