

MPP-Tracking

Digitale Regelung für MPP-Tracker

von Peter Adelman

Kernstück eines MPP-Trackers ist die Regelungstechnik, die es durch die Veränderung der Pulsbreitenmodulation ermöglicht, die maximale Leistung aus Solarmodulen zu entnehmen. Diese Regelung, es handelt sich hierbei um einen Extremwertregler, kann entweder als analoge oder als digitale Elektronik aufgebaut werden.

Die digitale Regelung, die Gegenstand dieses Artikels ist, besteht im wesentlichen aus einem Mikrocomputer, etwas peripherer Hardware und der Software. Da für dieses Problem weder große Datenmengen verwaltet werden müssen, noch eine große Rechengeschwindigkeit erforderlich ist, ist ein Mikroprozessor mit einer 8-Bit Architektur völlig ausreichend. Die periphere Hardware besteht hauptsächlich aus einem Analog-Digitalwandler, einem Timersystem und einem Speicher für die Software. Der Analog-Digitalwandler wird benötigt, um die zu messende Ausgangsleistung des MPP-Stellglieds in den computergerechten Code umzusetzen. Mit dem Timersystem wird das pulsbreitenmodulierte Ausgangssignal für das Stellglied erzeugt. Hinzu kommt, daß die gesamte Elektronik möglichst wenig Energie verbrauchen sollte, was durch die Verwendung von Bausteinen ermöglicht wird, die in der sog. CMOS-Technologie gefertigt sind.

Am besten eignen sich für diesen Anwendungsfall Single-Chip-Prozessoren. Diese Prozessoren sind oft in der energiesparenden CMOS-Technik vorhanden. Ein weiterer großer Vorteil ist der, daß manche dieser Prozessoren bereits einen beträchtlichen Teil der peripheren Hardware auf dem Baustein mit eingebaut haben.

Hardwarebeschreibung

Unsere Wahl ist auf den Prozessor 68HC11 der Firma Motorola gefallen. Dieser Prozessor hat unter anderem bereits einen 8-Bit Analog-Digitalwandler auf dem Chip. Die 8-Bit Auflösung hat zur Folge, daß der Meßbereich in 256 Stufen erfaßt werden kann. Dies entspricht einer Auflösung von ca. 0,4 % der Meßbereichspanne. Durch von außen anzulegende Referenzspannungen kann der Meßbereich vom Anwender selbst festgelegt werden.

Auch ist ein 512 Byte großer EEPROM-Speicher und ein 256 Byte großer Ramspeicher auf dem Baustein. Im EEPROM wird dabei das auszuführende Programm abgespei-

chert. Dieser Speicherplatz ist für eine MPP-Regelung durchaus ausreichend. Der RAM-Speicher dient dem Prozessor selbst zur Zwischenspeicherung von Daten.

Außerdem ist ein Timersystem vorhanden, mit dem das pulsbreitenmodulierte Ausgangssignal erzeugt wird. Dieses Timersystem besteht aus mehreren Registern, die ständig mit einem freilaufenden Zähler verglichen werden. Ist der Zählerstand gleich einem Registerwert, kann an einem Ausgang eine Flanke erzeugt werden, deren Polarität programmiert werden muß.

Durch die eingebaute Watchdog-Schaltung kann das Prozessorsystem leichter abgeschaltet werden. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn der Prozessor direkt durch das Solarmodul versorgt wird und deshalb nachts abgeschaltet werden muß.

Der Prozessor selbst ist in CMOS-Technologie aufgebaut und verbraucht somit nur wenige Milliampere des kostbaren Solarstroms. Die bei diesem Prozessor zusätzlich vorhandenen Ausgangsports können dazu benutzt werden, zum Beispiel einen Tiefentladeschutz bei Batteriesystemen zu realisieren. Bei einem Tiefentladeschutz wird beim Unterschreiten einer bestimmten Akkumulatorspannung der Verbraucher abgeschaltet. Auch könnten verschiedene Informationen wie z. B. Ladezustand der Batterie durch LCD-Displays an den Benutzer weitergegeben werden. Zusätzlich kann das Prozessorsystem durch die noch nicht belegten A/D-Eingänge die Temperaturmessung von Akkumulatoren übernehmen. Dies ist sinnvoll, da Ladeendspannung und Tiefentladespannung bei Akkumulatoren von der Temperatur abhängen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich durch eine eingebaute serielle Schnittstelle, die für Protokolle genutzt werden kann und durch das Interruptsystem für weitere Steuerungsaufgaben.

In Abb. 1 ist der prinzipielle Hardwareaufbau des Prozessorsystems und die Kopplung mit dem Prozeß dargestellt. Es ergeben sich hierbei zwei Schnittstellen, von denen eine

der Ermittlung der Leistungsdaten dient, die andere das pulsbreitenmodulierte Ausgangssignal ausgibt. Der A/D-Wandler kann nur über Port E des Prozessors bedient werden. Ebenso ist die Ausgabe aus dem Timersystem an Port A gebunden. Anstatt der Leistung kann auch der Strom oder die Spannung am Verbraucher gemessen werden, da diese Parameter den Extremwert an der gleichen Stelle wie die Leistung haben.

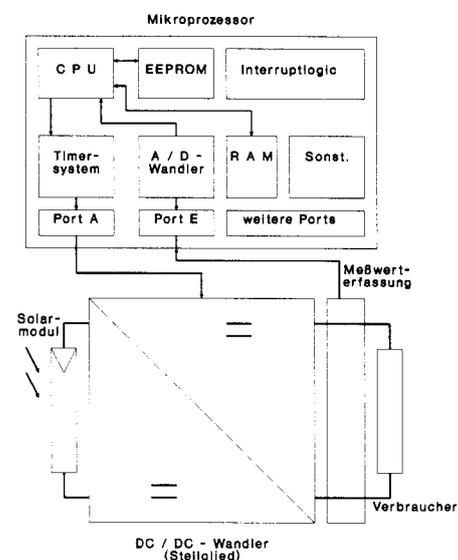


Abb. 1: Prinzipschaltbild eines digitalen MPP-Reglers

Softwarebeschreibung

Die Software ist das im EEPROM stehende Programm, welches den Ablauf der Regelung bestimmt.

Dieses spezielle MPP-Programm hat die Aufgabe, das Pulsbreitenverhältnis für das Stellglied so einzustellen, daß die maximale Leistung aus dem Solarmodul entnommen werden kann. Außerdem muß verhindert werden, daß die Ausgangsspannung über den zulässigen Wert ansteigt. Weitere Steuerungsaufgaben wie der Tiefentladeschutz oder die Temperaturmessung bei Akkumulatoren sind in dem hier beschriebenen Programm noch nicht enthalten.

Nachfolgend ist der genaue Programmablauf beschrieben: Wird der Prozessor eingeschaltet, wird zunächst ein Initialisierungsabschnitt durchlaufen. In diesem Abschnitt werden bestimmte Parameter für den Timerbaustein und den A/D-Wandler eingestellt. Die Initialisierung muß nur einmal beim Einschalten ausgeführt werden, während sich die nachfolgenden Programmteile ständig wiederholen. In dieser Schleife werden als erstes über den A/D-Wandler die aktuellen Leistungsdaten ermittelt. Um die Genauigkeit der Meßwerte zu erhöhen, wird die Messung 256 Mal wiederholt und aus diesen Meßwerten der Mittelwert gebildet. Dieser Wert wird mit dem Wert verglichen, der einen Schleifendurchgang vorher auf dieselbe Weise ermittelt wurde. Ist dieser neue Wert höher als der alte, bedeutet dies, daß sich die Leistung erhöht, anderenfalls verringert hat. Diese Information über die Veränderung der Leistung wird zunächst zwischengespeichert. Im nächsten Schritt wird ermittelt, ob sich die Leistungsveränderung durch eine Vergrößerung oder durch eine Verkleinerung des Pulsbreitenverhältnisses ergeben hat. Diese Veränderungsrichtung (Abb. 2) der Pulsbreitenmodulation muß ebenfalls zwischengespeichert werden. Wurde die Leistung vergrößert, wird diese Veränderungsrichtung beibehalten, im anderen Falle umgekehrt. Danach wird das neue Pulsbreitenverhältnis gemäß der ermittelbaren Veränderungsrichtung leicht verändert. Der Ablauf beginnt nun mit der Messung von neuem.

Abb. 3: Flußdiagramm MPP-Programm

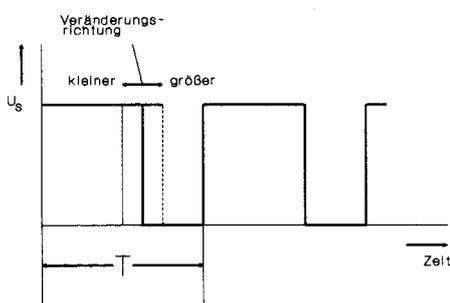
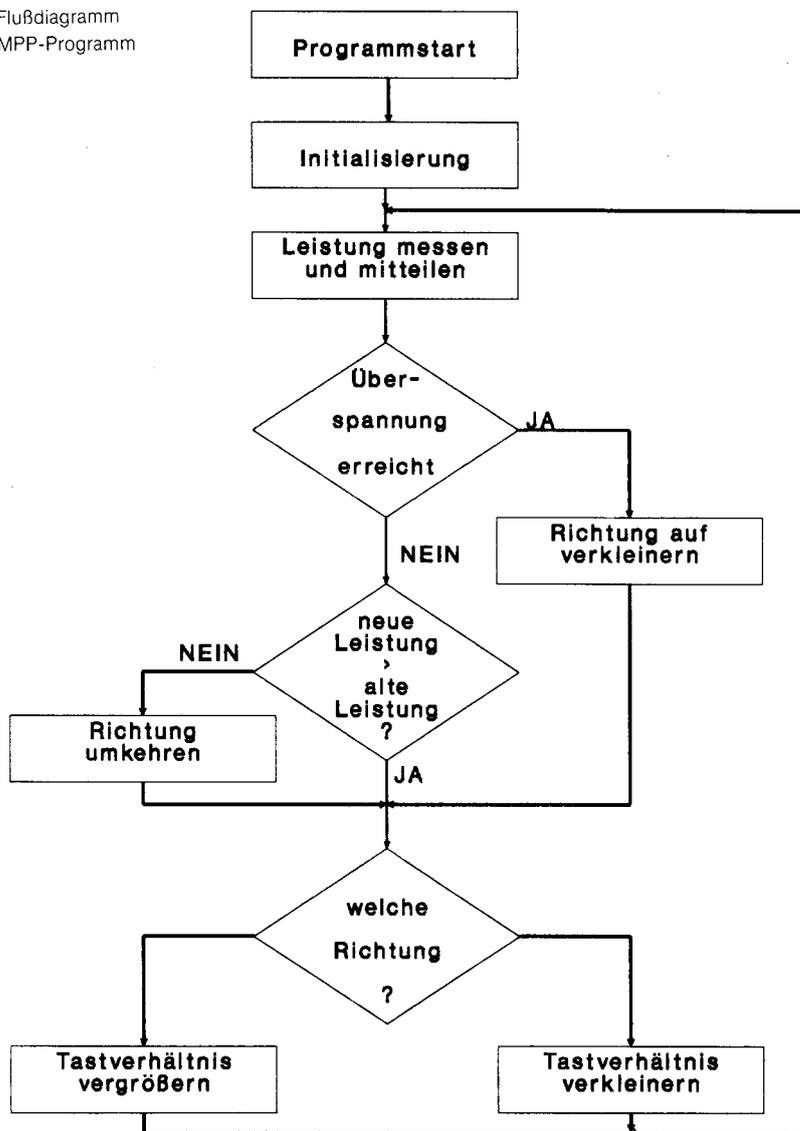


Abb. 2: Veränderung der Pulsbreitenmodulation

Auf diese Weise pendelt das eingestellte Pulsbreitenverhältnis um den optimalen Wert. Die Einschaltzeit wird dabei bei jedem Schleifendurchlauf um 1 % der Periodendauer T verändert.

Zusätzlich erfüllt die von uns erstellte Software noch eine Überspannungsschutzfunktion. Ist die maximale Verbraucherspannung (bei Akkumulatoren = Ladeendspannung) erreicht, wird das Pulsbreitenverhältnis absichtlich verschlechtert, so daß

diese Spannung nicht überschritten wird. Bei Akkumulatoren wird auf diese Weise das Laden nach der schonenden IU-Kennlinie erreicht.

Um den Programmablauf besser zu verdeutlichen, ist in Abb. 3 das Flußdiagramm des Programms dargestellt.

Dieser beschriebene Programmalgorithmus ist durch das geschachtelte Verfahren der Rekursion sehr leistungsfähig und einfach. Nachteilig ist jedoch, daß die Software erkennen muß, wenn keine Leistung mehr vorhanden ist. Ist das Tastverhältnis durch den Überspannungsschutz oder durch sehr geringe Einstrahlungsleistung auf einem Arbeitspunkt, bei dem praktisch keine Leistung mehr entnommen wird, findet dieser Algorithmus nicht mehr zurück in den MPP-Bereich. Wird Leistung „Null“ erkannt, wird deshalb die Einschaltzeit zwangsweise auf 50 % der Periodendauer eingestellt.

Weitere Softwarealgorithmen sind möglich und werden bereits von unserem Institut auf ihre Leistungsfähigkeit hin überprüft.

Insgesamt betrachtet läßt sich über die MPP-Regelung durch Mikroprozessoren sagen, daß dieses Verfahren die gestellten Anforderungen sehr gut erfüllt. Vorteilhaft erscheint vor allem, daß der Prozessor noch eine Vielzahl von Überwachungsaufgaben übernehmen kann, ohne daß große Entwicklungsarbeiten erforderlich sind. Lediglich die Langzeitstabilität des EEPROM-Speichers (evtl. auch unter extremen Klimabedingungen) ist noch nicht überprüft.

Dipl.-Ing. (FH) Peter Adelman ist Laboringenieur im Institut für Innovation und Transfer der Fachhochschule Ulm. Außerdem ist er Lehrbeauftragter für Photovoltaik.

An der Entwicklung des digitalen MPP-Reglers waren Herr Eckel und Herr Dagher maßgeblich beteiligt.

Das Institut für Innovation und Transfer ist an einer Zusammenarbeit mit der Industrie interessiert. Interessenten melden sich bitte bei Herrn Adelman. Tel.: 07 31/2 05 32 38.