

Eigenschaften und Anwendung bipolarer PROMs

Ing. PETER SALOMON und Dipl.-Ing. RAINER LANGE

(rescript rfe 1986, H3, S187-189)

Programmierbare Festwertspeicher, kurz PROMs, sind im Zuge der Entwicklung der Mikroprozessortechnik entstanden, um Programme oder Konstanten jederzeit verfügbar zu haben, auch wenn zwischenzeitlich die Stromversorgung abgeschaltet war. Die Typenvielfalt derartiger Bauelemente ist im internationalen Maßstab mittlerweile unübersehbar geworden. In diesem Beitrag sollen bipolar aufgebaute Festwertspeicher beschrieben werden.

Mitteilung aus dem VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin

Mit PROMs lassen sich außer der klassischen Anwendung als schneller Festwert- und Programmspeicher auch kombinatorische und sequentielle Netzwerke aufbauen, die gegenüber solchen mit Gattern und Flip-Flops Vorteile aufweisen:

- Es sind nur wenige Schaltkreise (manchmal nur einer) erforderlich. Das bedeutet geringeren Aufwand bei Entwurf und Herstellung der Leiterplatte.
- Schaltungsänderungen erfordern nur eine Änderung des PROM-Inhaltes, aber keinen neuen Leiterplattenentwurf, was gleichbedeutend mit einer Beschleunigung der Schaltungsentwicklung ist. Durch einfachen Austausch des PROMs kann die Leiterplatte den unterschiedlichsten Einsatzfällen gerecht werden.
- Eine PROM-Schaltung kann auch Mikroprozessor-Steuerungen überlegen sein, da sie etwa um den Faktor 100 schneller ist und einen geringeren Hardwareaufwand benötigt.

Eine allgemein gültige Einteilung von PROMs nach der Technologie zeigt Bild 1 [1]. Der besondere Vorteil bipolarer PROMs ist im Gegensatz zu Speichern in MOS-Technologie die geringe Zugriffszeit. Man kann mit der Größenordnung von einigen 10 ns rechnen. Durch Anwendung der Low-Power-Schottky-Technologie ist es möglich geworden, geringe Verlustleistungen und hohe Speicherdichten zu erzielen, die früher nur mit MOS-Bauelementen möglich waren. Von Nachteil ist, daß sie nur einmalig programmierbar sind, d. h., die programmierte Zelle des PROM läßt sich nicht wieder in den Ursprungszustand zurückführen. Seit der Entwicklung der ersten bipolaren PROMs vor etwa zehn Jahren haben sich mit der Typenvielfalt auch verschiedene Programmierverfahren entwickelt, auf deren wichtigste hier eingegangen werden soll.

Durchbrenn-PROMs .

Das Durchbrennen von Leitbahnverbindungen auf dem Chip, was bei den üblichen Schaltkreisen meist die Zerstörung des Bauelementes bedeutet, wird gezielt angewendet, um bestimmte Verbindungen zu trennen und damit andere eindeutig festzulegen.

Derzeit unterscheidet man drei Arten von Leitbahnverbindungen:

solche aus Chrom-Nickel, Titan-Wolfram und Polysilizium.

Allen gemeinsam ist der prinzipielle Aufbau der im Bild 2 gezeigten PROM-Zelle. Die Anwahl des gewünschten Verbindungspunktes zwischen Zeile und Spalte erfolgt über einen entsprechenden Zeilendecoder. Soll keine Verbindung des entsprechend angewählten Punktes erfolgen, wird durch den Programmier-vorgang der Transistor der angewählten PROM-Zelle in die Sättigung gebracht und mit einem relativ hohen Stromstoß die Emitterverbindung durchgebrannt. Dieser Vorgang erfolgt bei den Chrom-Nickel- und Titan-Wolfram Technologien unter einer passivierenden Schutzschicht.

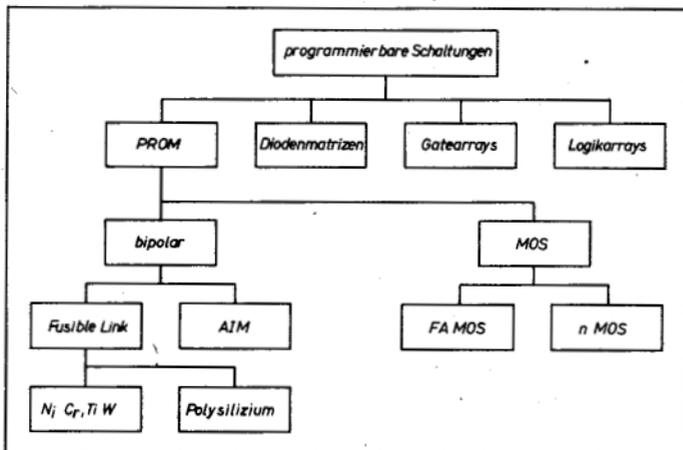


Bild 1: Einteilung programmierbarer Speicher-ICs

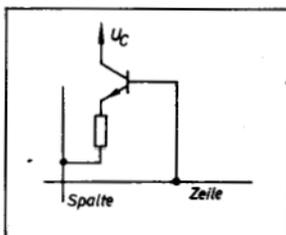


Bild 2: Aufbau einer Durchbrenn-PROM-Zelle

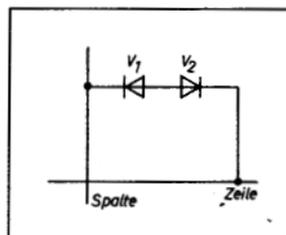


Bild 3: Aufbau einer Syntheseprom-Zelle

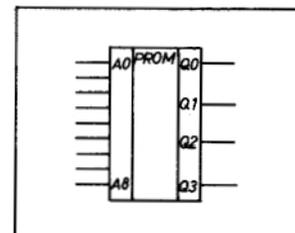


Bild 4: Einfachste Anwendung von PROMs

Bei den Polysilizium-Typen erfolgt das Durchbrennen durch thermische Oxydation, wobei sich hoch isolierendes SiO_2 bildet. Deshalb sind diese Typen unempfindlicher gegen Langzeitrückbildungen der durchgeschmolzenen Leitbahnverbindungen.

Synthese-PROMs

Eine relativ neue PROM-Technologie ist die Avalanche Induced Migration (AIM). Im Gegensatz zu den Durchbrenn-PROMs werden bei den Synthese-PROMs die gewünschten Verbindungen hergestellt, d. h., im unprogrammierten Zustand sind noch gar keine Verbindungen vorhanden. Die Struktur einer derartigen Zelle zeigt Bild 3. Die Anwahl der gewünschten Zelle erfolgt wie beim Durchbrenn-PROM mit Hilfe eines Zeilendekoders. Beim Programmieren wird die Basis-Emitter-Strecke V_2 bis weit in den Lawinendurchbruch gesteuert. Dabei werden Aluminiumatome von der Emitterkontaktierung in die Basis-Emittersperrschicht diffundiert.

Dieser Prozeß ist in den Programmiervorschriften genau definiert und wird so lange fortgesetzt, bis V_2 kurzgeschlossen ist, ohne daß die Sperrschicht V_1 beeinflußt wird. Ein zu hoher Strom würde beide Sperrschichten zerstören und damit die PROM-Zelle unbrauchbar machen.

Programmierung [7]

Im Gegensatz zur Programmierung von EPROMs gibt es zur Programmierung von bipolaren PROMs kaum Hinweise bzw. fertige Geräte, obwohl es vom Prinzip her ähnliche Verfahrensweisen sind.

Man kann natürlich entsprechend den Programmiervorschriften der Bauelemente-Hersteller die PROMs in mühevoller Kleinarbeit manuell und mit einer geeigneten Programmierschaltung Bit für Bit programmieren. Dabei besteht jedoch die große Gefahr, daß eine PROM-Zelle irrtümlich programmiert und so der Schaltkreis für den gewünschten Anwendungszweck wertlos wird.

Günstiger ist, wenn die Programmierung unter Zuhilfenahme eines komfortablen Mikrorechnersystems vorgenommen wird. Durch eine entsprechende Software ist es möglich, fast alle PROM-Typen zu programmieren, Irrtümer durch interaktiven Dialogverkehr faktisch auszuschließen und das Ergebnis der Programmierung durch den Mikrorechner kontrollieren bzw. korrigieren zu lassen.

Anwendung bipolarer PROMs

Mit kombinatorischen Digitalerschaltungen können aus zwei oder mehreren binären Eingangsvariablen eine oder mehrere Ausgangsvariable gebildet werden. Beim Einsatz eines PROM mit einer Kapazität von

2^n Worten zu m bit ist es möglich, aus n Eingangssignalen m beliebige Ausgangssignale zu erhalten. Dazu werden die Eingangssignale an die entsprechenden Adressenleitungen gefügt. Somit werden durch jede Kombination der Eingangssignale entsprechend der Wortbreite des PROMs vorhandene Speicherzellen angesprochen. Für das zu realisierende Ausgangssignal braucht nur bei entsprechendem Eingangssignal die gewünschte Bitkombination in die einzelnen Speicherzellen programmiert zu werden. Bild 4 zeigt das einfache Prinzip dieser Schaltung.

Diese Schaltung hat im Vergleich zu konventionellen Gatterschaltungen den Nachteil, daß bei Änderung der Eingangssignale kurze Störimpulse auftreten können. Diese durch die adressenbezogene Zugriffszeit hervorgerufenen Nadeln von wenigen Nanosekunden Breite spielen in vielen Anwendungsfällen, z. B. bei der Ansteuerung langsamerer Bauelemente, keine Rolle.

Sollten die Störungen dennoch relevant sein, so muß die PROM-Schaltung um ein Register erweitert werden (Bild 5). Die Ein- und Ausgangssignale der PROMs werden über ein taktflankengesteuertes Speicherregister geleitet, so daß, vorausgesetzt, die Taktperiode ist länger als die Summe aus Vorbereitungszeit und Durchlaufverzögerung des Registers sowie der PROM-Zugriffszeit, die Ausgangssignale des PROM stabil geworden sind, bevor sie in das Register übernommen werden. Diese Anordnung hat natürlich eine größere Signalverzögerungszeit. Sie ist im Worst-Case-Fall durch die Summe der Registervorbereitungszeit, die doppelte Taktperiode, die Registerdurchlaufverzögerung und die PROM-Zugriffszeit gegeben. Man muß bei Anwendung von Low-Power-Schottky-Registern mit etwa 250 ns rechnen [4].

Wenn sich die Eingangssignale ohnehin nur mit dem Takt ändern, kann auf die Zwischenspeicherung am Eingang des PROMs verzichtet werden. Dadurch vermindert sich die Gesamtverzögerung um eine Taktperiode. Die PROM-Ausgangssignale werden dann mit dem Takt in das Register übernommen, der auch die Änderung der Eingangssignale bestimmt.

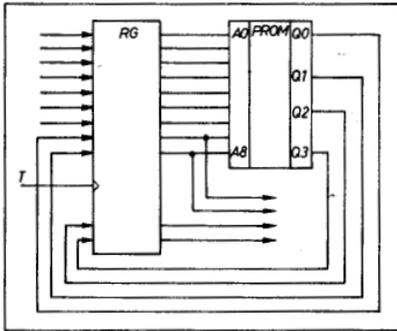


Bild 5: Mit Register erweiterte PROM-Schaltung (synchrones Schaltwerk)

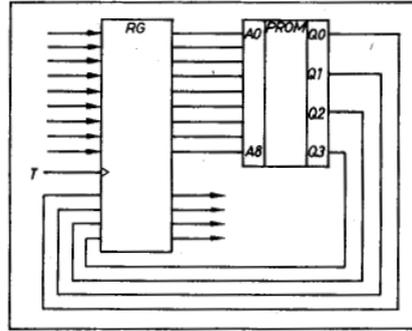


Bild 6: Einfache sequentielle PROM-Schaltung

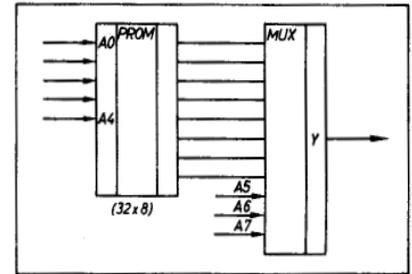


Bild 7: Mit Multiplexer erweiterte PROM-Schaltung

Bei sequentiellen Digitalschaltungen hängen die Ausgangssignale der Schaltung nicht nur vom momentanen Eingangszustand ab, sondern sie werden auch zeitlich von zurückliegenden Eingangssignalen bestimmt. Eine PROM-Schaltung für solche Anwendungen zeigt Bild 6. Sie wird z. B. in Zählern oder Ablaufsteuerungen eingesetzt. Der Unterschied zur Schaltung nach Bild 5 ist, daß ein oder mehrere PROM-Ausgangssignale nach Zwischenspeicherung an entsprechende PROM-Eingänge zurückgeführt werden. Diese Signale können jedoch auch als Ausgangssignale verwendet werden. Sind mehr Eingangsvariable zu verarbeiten, als Adresseneingänge des zu verwendenden PROM vorhanden sind, so kann durch Erweiterung der Schaltung nach Bild 4 bzw. Bild 5 oder Bild 6 mit einem Multiplexer auch diese Aufgabe gelöst werden (Bild 7) [5]. Es wird damit eine Umformatierung des Speicherraums des PROM vorgenommen.

Es ist auch möglich, eine größere Anzahl Ausgangsvariable zu erzielen, als die Wortbreite des PROM ermöglicht. Die gewünschte Wortbreite wird dann sequentiell durch Aufteilung des Adreßraumes des PROM über einen Multiplexer zusammengesetzt (Bild 8). Die Ein- und Ausgangsregister arbeiten jeweils mit der halben Taktfrequenz, d. h., das komplette Ausgangswort steht jeweils nach zwei Takten einschließlich der verschiedenen Verzögerungszeiten zur Verfügung. Die beiden Gatter D_1 und D_2 bewirken eine um die halbe Taktbreite verzögerte Übernahme der Ausgangssignale in die Ausgangsregister. Das ist erforderlich, um die Signalverzögerung durch Adressenzugriffszeit und Multiplexerdurchlaufzeit zu berücksichtigen. Da die Schaltung recht aufwendig ist, wäre jedoch zu überprüfen, ob es nicht ökonomischer ist, zwei PROMs zur Vergrößerung der Ausgangswortbreite parallel zu schalten.

Beispiele

Zum Abschluß sollen drei Anwendungsbeispiele gegeben werden, welche jedoch nur als Anregung dienen sollen, um die mannigfaltigen Einsatzmöglichkeiten bipolarer PROMs aufzuzeigen.

Ein häufig wiederkehrendes Problem ist die Dekodierung binärer Signale, für die es keine fertigen Bausteine gibt, z. B. Siebensegment- in Binärkode. Bild 9 zeigt die übliche Schaltung mit Gattern und daneben die gleiche Funktion mit einem PROM [6].

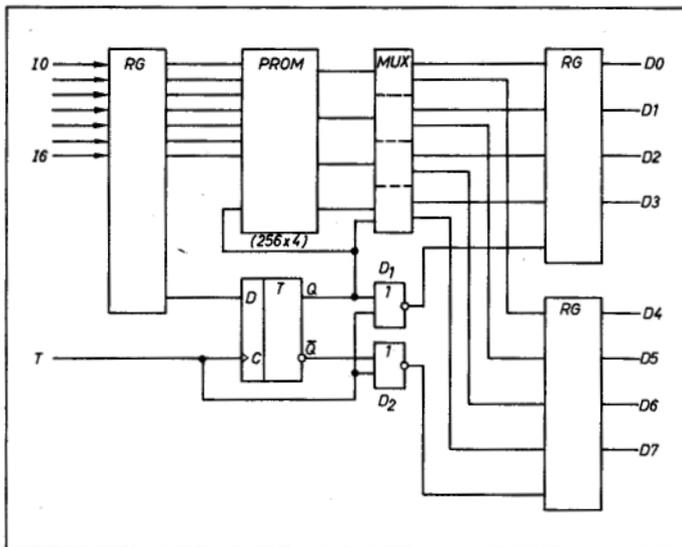


Bild 8: Erweiterung der Wortbreite von PROMs

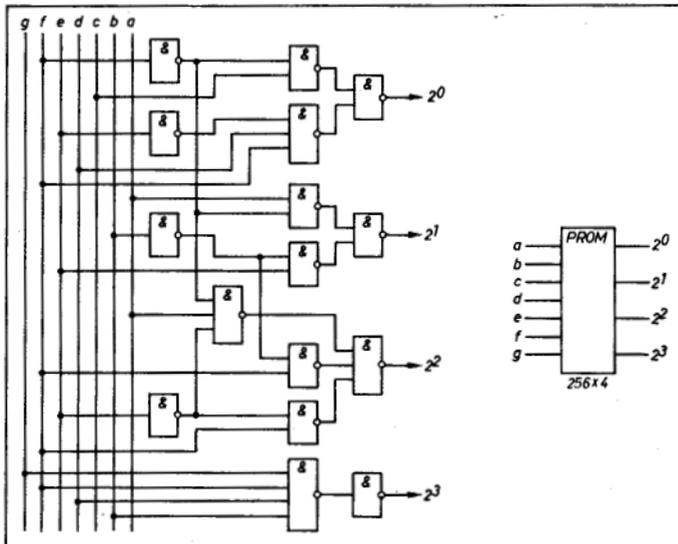


Bild 9: Siebensegment-BCD-Dekoder, mit Gattern und mit PROM aufgebaut

Es wird eine erhebliche Bauelementeinsparung erreicht. Da die logische Funktion vollständig in den PROM übertragen wird, entfallen die Schritte des Logikentwurfes und der dazugehörigen Optimierung. Eine weitere Anwendung ist z. B. eine einfache

Ansteuerschaltung für Schrittmotoren. Die im Dreieck geschalteten Wicklungen werden gemäß dem Impulsdigramm (Bild 10) durch elektronische Schalter angesteuert.

Bild 11 zeigt die einfache Ansteuerschaltung mit einem bipolaren PROM und einem 4-bit-Register. Diese Schaltungsanordnung bildet einen Sechphasenzähler, welcher durch die Eingangsfrequenz STEP getaktet wird und durch den Eingang D/R in seiner Richtung umgeschaltet werden kann [5].

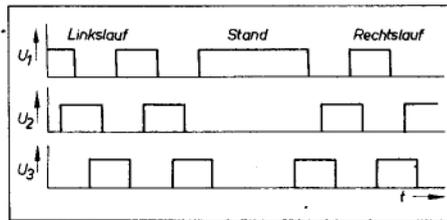


Bild 10: Impulsdigramm für Schrittmotor-Ansteuerung

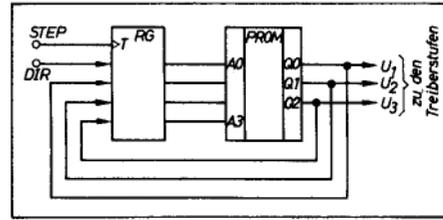


Bild 11: Ansteuerschaltung für Schrittmotor

Als drittes Anwendungsbeispiel soll hier der Einsatz bipolarer PROMs in sehr schnellen A-D-Wandlern gezeigt werden. Derartige Baugruppen, z. B. für Videoanwendungen, arbeiten nach dem Prinzip der parallelen Umsetzung. Eine entsprechend der gewünschten Auflösung notwendige Anzahl von schnellen Komparatoren werden eingangsseitig parallel geschaltet, nur daß jeweils abgestufte Referenzspannungen an ihren Eingängen liegen. Je nach Höhe des Momentanwertes der umzusetzenden Eingangsspannung werden nun ein oder mehrere Komparatoren in der Kette durchgeschaltet. Es muß also ein n-aus-m-Signal in ein binäres Wort umgewandelt werden, um das Ausgangssignal des A-D-Wandlers in gewohnter Form weiterverarbeiten zu können. Bild 12 zeigt die Schaltungsanordnung.

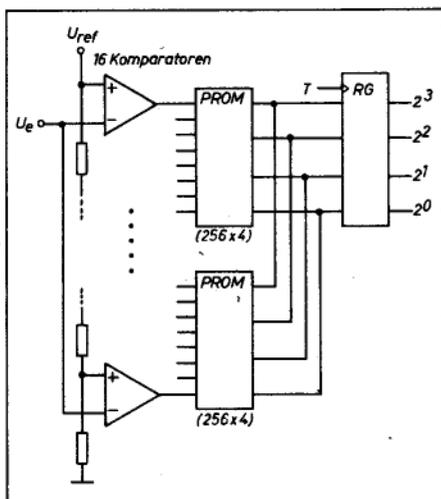


Bild 12: Schneller Parallel-AD-Wandler

Da die Eingangssignale des PROM durch die getakteten Komparatoren ohnehin nur zu bestimmten Zeiten stabil sind, braucht hier nur noch ein schnelles Ausgangsregister vorgesehen zu werden, um unerwünschte Spikes von der weiteren Verarbeitung fernzuhalten.

Zusammenfassung

Es wurden anhand des Aufbaus und der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten die Vorteile des Einsatzes bipolarer PROMs anstelle von Gattern und Flip-Flops aufgebauter Schaltnetze aufgezeigt. Mit ihnen können sowohl kombinatorische wie auch sequentielle Schaltungen realisiert werden. Der Nachteil beim Einsatz bipolarer PROMs besteht im Auftreten von Störimpulsen beim Ändern der Eingangsinformation. Durch erhöhten Schaltungsaufwand lassen sich die Störungen unterdrücken.

Beim Einsatz von bipolaren PROMs ist das zulässige Sortiment einzusetzen, d. h., die entsprechenden Anwendungsvorschriften des VEB Kombinat Mikroelektronik müssen beachtet werden.

Um dem Anwender, insbesondere Erst- und Kleinanwender, die Möglichkeit zu geben, bipolare PROMs zu programmieren, wurde im VEB Applikationszentrum Berlin ein komfortables, mikrorechnergestütztes Programmiergerät geschaffen.

Zwecks näherer Informationen können sich Interessenten mit der BIS Mikroelektronik Berlin (1034 Berlin, Grünberger Str. 49, Tel. 5 88 38 41) in Verbindung setzen.

Literatur

- [1] Moderbacher, F.: Bipolare Speicher-ICs. Elektronikschau, Wien 55 (1979) 3, 5. 22-26
- [2] Timm, V.: Im Blickpunkt - ROMs, PROMs und PLAs, Elektronik, München 25 (1976) S, S. 38-47
- [3] Sbolzorini, M.: Familienordnung bei EPROMs. Elektronik, München 29 (1980) 13, S. 70-74
- [4] Glaser, F.: PROMs ersetzen festverdrahtete Logik, Elektronik, München 33 (1984) 2, 5.59 bis 62
- [5] Brendel, M.: Kombinatorische und sequentielle Logikschaltungen mit PROMs, Elektronik, München 29 (1980) 10, S. 67-70
- [6] Beyer, M.: Siebensegment-zu-BCD-Kodewandler, radio fernsehen elektronik, Berlin 30 (1981) 1, S. 54
- [7] Bernstein, H.: Datenmuster a la Carte - Programmierbare Festwertspeicher, Elektronikpraxis, München 23 (1981) 3, 5. 12-21

© Copyright Peter Salomon, Berlin, rescript aus rfe 1986/3; bearbeitet 2013

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, Irrtum und Änderungen vorbehalten. Eine auch auszugsweise Vervielfältigung bedarf in jedem Fall der Genehmigung des Herausgebers.

Die hier wiedergegebenen Informationen, Dokumente, Schaltungen, Verfahren und Programmmaterialien wurden sorgfältig erarbeitet, sind jedoch ohne Rücksicht auf die Patentlage zu sehen, sowie mit keinerlei

Verpflichtungen, noch juristischer Verantwortung oder Garantie in irgendeiner Art verbunden. Folglich ist jegliche Haftung ausgeschlossen, die in irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Materials oder Teilen davon entstehen könnte.

Für Mitteilung eventueller Fehler ist der Autor jederzeit dankbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erwähnten Firmen- und Markennamen, sowie Produktbezeichnungen in der Regel gesetzlichem Schutz unterliegen.