

5.4.2. Laufzeitspeicher

Eine weitere Art der elektronischen Speicherung digitaler Informationen ergibt sich durch die Verwendung von *Laufzeitgliedern*, in denen die gespeicherten Binärzeichen in Form einer Impulsfolge zirkulieren. *Bild 5.4-2* zeigt das Prinzip einer solchen Speicheranordnung. An ein ideales Laufzeitglied zur Speicherung von Binärzeichen ist die Forderung zu stellen, daß die an dessen Eingang E gegebenen rechteckförmigen Signale unverzerrt, aber um eine defi-

nierte Laufzeit t_L verschoben am Ausgang A wieder erscheinen (Bild 5.4-2a). Die Laufzeit selbst sollte dabei möglichst groß sein, um viele Binärzeichen innerhalb eines derartigen Gebildes speichern zu können. Da das Durchlaufen eines realen Laufzeitglieds jedoch nicht verlustfrei geschieht und ferner gewisse Impulsverzerrungen unvermeidlich sind, ist eine Signalregeneration in einem nachgeschalteten Verstärker unerlässlich. Führt man nun die aus dem Verstär-

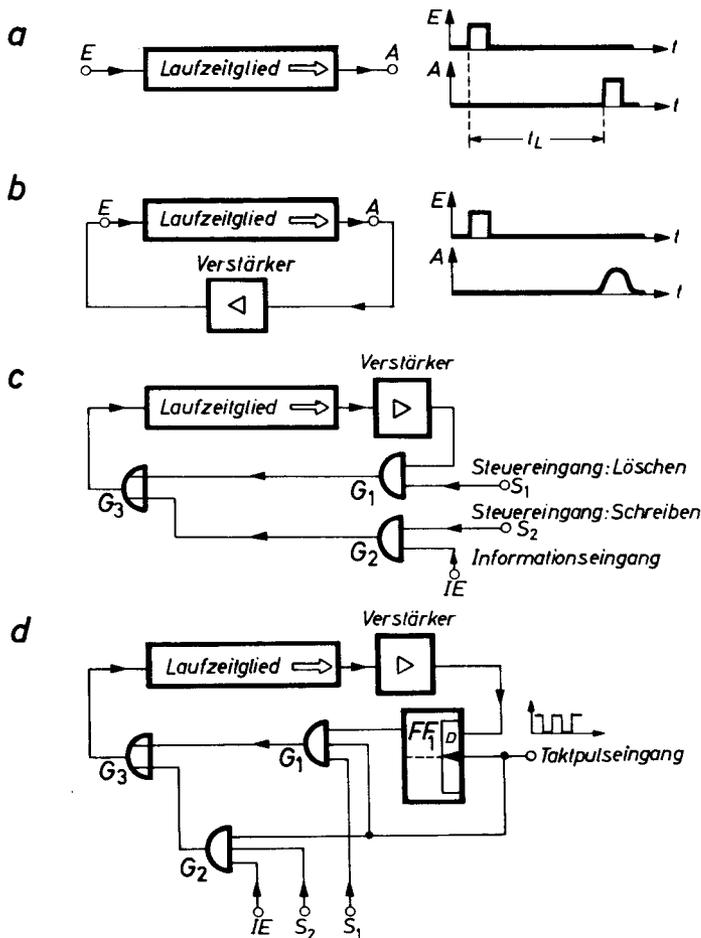


Bild 5.4-2. Einsatz von Laufzeitgliedern in dynamischen Speichern:

- a) Symbol und Zeitdiagramm eines idealen Laufzeitglieds
- b) Grundschema eines dynamischen Speichers aus einem rückgekoppelten Laufzeitglied mit Signalverstärker; links daneben das Zeitdiagramm eines realen Laufzeitglieds
- c) Prinzip der Steuerschaltung zum Schreiben und Löschen
- d) Taktungssynchrone Steuerschaltung zum Schreiben und Löschen

ker kommenden Impulse an den Eingang E des Laufzeitglieds zurück, so wird dadurch eine dauernde Zirkulation einer einmal eingespeisten Impulsserie innerhalb dieser ringförmigen Anordnung erreicht. Um zunächst einmal eine Information (d. h. eine Impulsserie) in diesen Kreislauf einlesen zu können oder eine spätere Löschung des Speicherinhalts zu ermöglichen, muß die Schaltung entsprechend Bild 5.4-2c um einige Verknüpfungsglieder $G_1 \dots G_3$ erweitert

werden. IE ist der Informationseingang. Durch ein L -Signal am Steuereingang S_2 werden das UND-Glied G_2 geöffnet und die am Informationseingang IE stehenden Binärzeichen in den Kreislauf eingeschleust. Sie bleiben so lange darin enthalten, bis für eine definierte Zeitspanne eine Unterbrechung des Informationsumlaufs eintritt. Dieses kann man mit einem 0 -Signal am Steuereingang S_1 bewirken, wodurch das UND-Glied G_1 sperrt und so den Kreislauf unterbindet.

Die Gesamtlaufzeit t_L innerhalb des Laufzeitglieds muß recht genau ein ganzes Vielfaches des Abstands der Binärzeichen untereinander in der Impulsserie sein. Um gewisse Zeitschwankungen aufzufangen und eine zeitlich genau definierte Impulseingabe zu erzwingen, ist es unbedingt notwendig, alle Vorgänge außerhalb des Laufzeitglieds mit einem Taktpuls zu synchronisieren. Dieses ist beispielsweise mit der in Bild 5.4-2d angegebenen Schaltung möglich. Die aus dem Verstärker kommenden Binärzeichen werden mit der $L/0$ -Flanke des Taktpulses in das Flipflop FF_1 übernommen und während der L -Phase des Taktpulses über das UND-Glied G_1 an den Eingang des Laufzeitglieds durchgeschaltet.

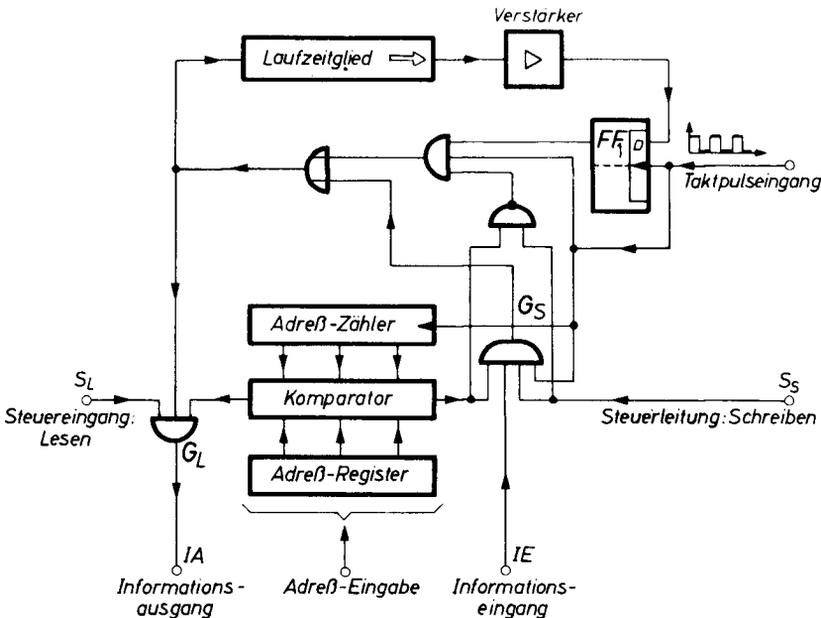


Bild 5.4-3. Vollständige Steuerschaltung für einen Laufzeitspeicher mit Adressen-Selektion

Zum Aufsuchen einer bestimmten Information in einem solchen dynamischen Speicher ist außer den Synchronisationsimpulsen noch ein *Bezugsimpuls* vonnöten, der das erste Binärzeichen einer Folge markiert. Ferner benötigt man einen *Adreß-Zähler*, der zu Beginn jeder Serie durch den Bezugsimpuls auf Null gestellt wird. Danach werden mit ihm die Taktimpulse der Folge gezählt, was gleichbedeutend mit der Anzahl der durch das Flipflop FF_1 hindurchgelaufenen

Binärzeichen ist. *Bild 5.4-3* zeigt die vollständige Steuerschaltung für einen Laufzeitspeicher. Zum Lesen eines Binärzeichens aus dem Speicher wie auch zum Einschreiben eines neuen Zeichens in denselben ist zunächst die gewünschte Speicher-Adresse in das *Adreß-Register* zu setzen. Der Inhalt des Adreß-Registers wird über einen Komparator mit dem augenblicklichen Stand des Adreß-Zählers verglichen. Bei Koinzidenz zwischen beiden befindet sich das gesuchte Binärzeichen genau in diesem Augenblick im Flipflop FF_1 , und der Komparator gibt ein L-Signal an die UND-Glieder G_L und G_S ab. Falls jetzt ein Lesebefehl (L-Signal) am Steuereingang S_L steht, öffnet das UND-Glied G_L , und das selektierte Binärzeichen kann während der nachfolgenden L-Phase des Taktpulses am Informationsausgang IA abgenommen werden. Soll hingegen ein neues Zeichen unter der angegebenen Adresse eingeschrieben werden, so ist ein Schreibsignal (L-Signal) an den Steuereingang S_S zu geben. Jetzt wird über das UND-Glied G_S das am Informationseingang IE angebotene Binärzeichen takt synchron eingeschrieben und gleichzeitig das zu diesem Zeitpunkt im Flipflop FF_1 stehende Zeichen für die Wiedereingabe gesperrt.

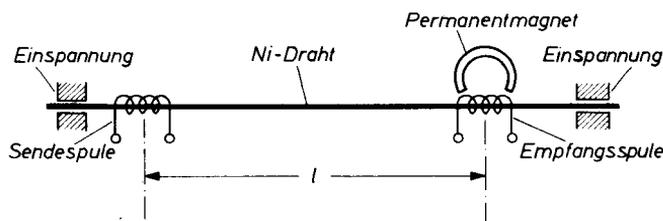


Bild 5.4-4. Schematischer Aufbau eines magnetostruktiven Laufzeitspeichers

Als Laufzeitglieder für digitale Speicheranordnungen lassen sich die verschiedensten physikalischen Medien einsetzen, wie beispielsweise Laufzeitkabel, LC-Laufzeitketten und akustische Laufzeitglieder (Quecksilber-Säulen, Quarzkristalle und magnetostruktive Drähte). Das zuletzt genannte Speichermedium hat die größte praktische Bedeutung erlangt. Magnetostruktive Speicher sind Ultraschallspeicher, bei denen die Erregung der Schallwellen durch Magnetostruktion erfolgt. *Bild 5.4-4* zeigt den schematischen Aufbau eines derartigen Laufzeitglieds. Ein Nickeldraht mit der Länge l ist an beiden Enden weich eingespannt, so daß von den Einspannstellen keine Schallwellen reflektiert werden können. Durch einen Stromimpuls in der Sendespule erfolgt eine kurzzeitige Magnetisierung und damit verbunden eine mechanische Kontraktion des Drahtes. Der dadurch entstehende Schallimpuls läuft von der Sendespule ausgehend längs des Drahtes zur Empfangsspule und induziert dort einen um die Laufzeit t_L zeitlich verschobenen Spannungsimpuls. Die Größe der Laufzeit ist eine Funktion der Drahtlänge l und der Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit v im Draht. Es ist

$$t_L = \frac{l}{v} \quad (5.4-1)$$

Bei Nickeldrähten beträgt $v = 5 \cdot 10^3$ m/s, so daß bei einer Drahtlänge $l = 5$ m eine Laufzeit $t_L = 1$ ms auftritt. Die Speicherkapazität C eines Laufzeitspeichers

errechnet sich aus der Laufzeit t_L und der maximal über den Draht übertragbaren Pulsfrequenz f_p zu

$$C = f_p \cdot t_L \quad (5.4-2)$$

Bild 5.4-5 zeigt die konstruktive Ausführung eines magnetostriktiven Laufzeitglieds mit $t_L = 3,2$ ms und $f_p = 200$ kHz entsprechend einer Speicherkapazität $C = 640$ bit. Neuere Entwicklungen von Ultraschall-Laufzeitspeichern verwenden als Material für den Speicherdraht spezielle Nickel-Eisen-Legierungen (z. B. Thermelast 5429), die bei geringeren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten im Draht ($v = 2,7 \cdot 10^3$ m/s) höhere Pulsfrequenzen ermöglichen. In [5.8] ist ein derartiger Laufzeitspeicher beschrieben, der bei nur 3 m Drahtlänge eine Laufzeit von $t_L = 1,1$ ms erreicht. Bei einer Taktfrequenz von $f_p = 1,8$ MHz ergibt das eine Speicherkapazität von etwa $C = 2000$ bit.

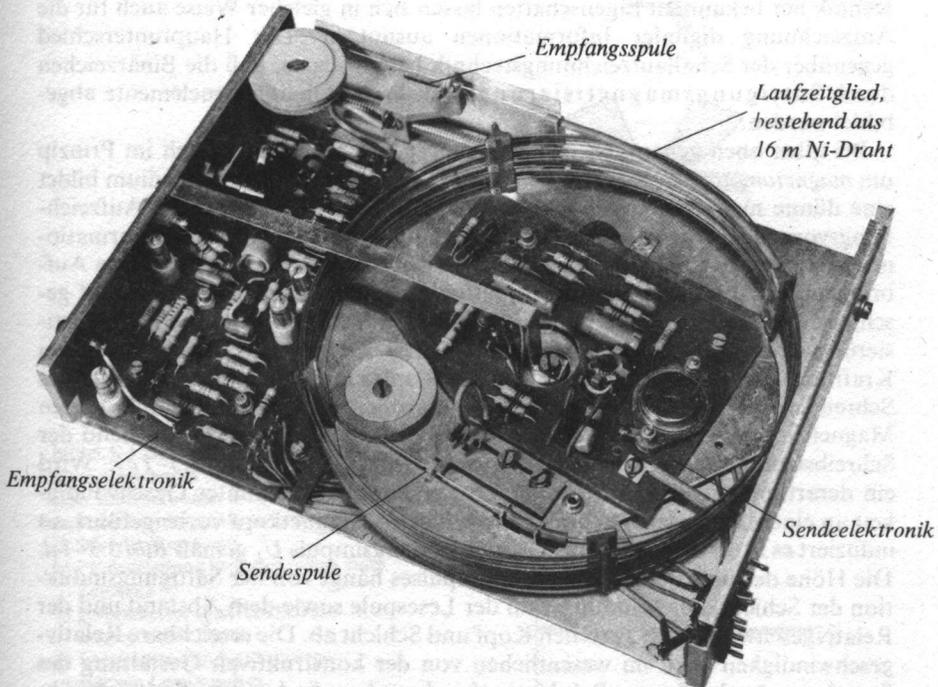


Bild 5.4.-5. Konstruktive Ausführung des magnetostriktiven Laufzeitspeichers YL 2108 der Valvo GmbH; der Speicherdraht ist zu einem Ring aufgerollt, um möglichst kleine Abmessungen des Geräts zu erhalten.

Wie die obigen Überlegungen deutlich machen, ist die Speicherkapazität von Laufzeitspeichern relativ gering. Außerdem ist mit einer Zugriffszeit in der Größenordnung von Millisekunden zu rechnen. Damit beschränkt sich das Anwendungsgebiet für diesen Speichertyp auf kleine und verhältnismäßig langsame Datenverarbeitungsgeräte.