

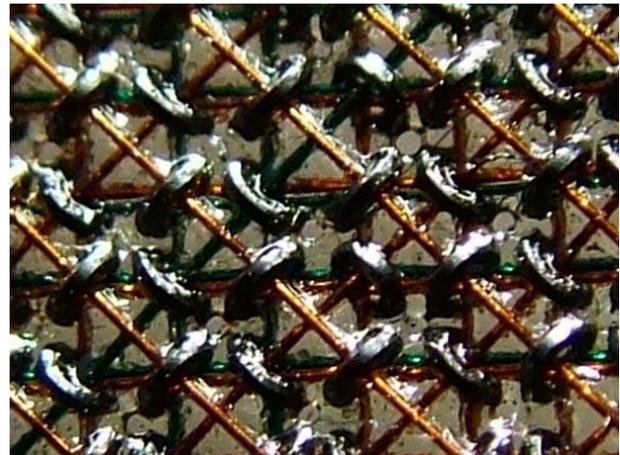
# Kernspeicher

## Telefunken TR4

1969



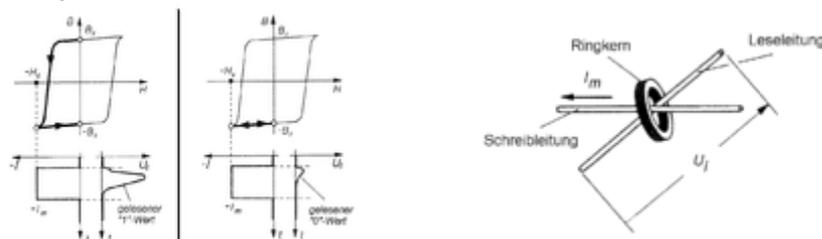
4Kbit x 4



je Ring vier Leitungen

### Funktionsweise:

Vereinfachter Ringkernspeicher mit Schreib- und Lesedraht



Auslesevorgang an der Hystersekurve verdeutlicht. Links: „1“ wird gelesen, rechts „0“ wird gelesen.

Ein Kernspeicher besteht im Wesentlichen aus einer großen Anzahl von magnetisierbaren, hartmagnetischen Ferrit-Kernen, welche zu Ringen geformt sind und daher als Ringkern bezeichnet werden. Hartmagnetisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass jeder Kern ein Datenbit in dem Vorzeichen der Remanenzflussdichte  $B_r$  speichern kann. Zum Lesen bzw. Beschreiben der Kerne verlaufen mindestens zwei elektrische und gegenseitig isolierte Drähte durch die Ringöffnungen, wie in nebenstehender Abbildung am einem Kern verdeutlicht. Der elektrische Strom  $I_m$  im Schreibdraht muss zum Beschreiben so groß sein, dass die durch den Strom  $I_m$  erzeugte magnetische Koerzitivfeldstärke  $H_c$  im magnetischen Kreis des Kernes überschritten wird. Dadurch kommt es in dem hartmagnetischen Werkstoff des Ringes, welcher eine fast quadratische Hystereseschleife aufweist, zu einer Speicherung des Zustandes im Vorzeichen der Remanenzflussdichte. Die Remanenzflussdichte kann zwei stabile Punkte annehmen, welche in der Hystereseschleife mit  $B_r$  und  $-B_r$  bezeichnet sind.

Gleichzeitig mit dem Schreibvorgang wird in dem zweiten Draht, der Leseleitung, ein Spannungsimpuls induziert, anhand dessen die Orientierung der ursprünglich im Kern gespeicherten Remanenzflussdichte festgestellt werden kann. Die Information kann also nur destruktiv ausgelesen werden. Der ggf. ummagnetisierte Kern muss dann neu beschrieben werden, um den ursprünglichen Dateninhalt wieder herzustellen.

Der Auslesevorgang ist in nebenstehender Abbildung der Hysteresekurven verdeutlicht: War im Kern zuvor eine positive Remanenzflussdichte  $+B_r$  gespeichert, kommt es bei dem Einschreiben einer „0“ durch die große Änderung der magnetischen Flussdichte im Kern auf der Leseleitung zu einem Spannungsimpuls  $U$  in der Größenordnung von einigen 100 mV. In der Hysteresekurve links ist dick gezeichnet der Verlauf der Flussdichte verdeutlicht. Nach dem Abschalten des Stromes  $I_m$  in der Schreibleitung bleibt im Kern die Remanenzflussdichte  $-B_r$  zurück, was dem Zustand „0“ entspricht. War im Kern zuvor bereits eine negative Remanenzflussdichte  $-B_r$  gespeichert, durchläuft die Flussdichte nur einen kleinen Teil der Hysteresekurve und die Änderungsrate ist minimal. Demzufolge ist der Spannungsimpuls auf der Leseleitung ebenfalls minimal. In beiden Fällen befindet sich der Kern nach dem Auslesen im Zustand „0“, und der ursprüngliche Speicherinhalt muss bei Bedarf durch einen inversen Strom  $-I_m$  neu geschrieben werden.

Zusätzlich zu dem Kernspeichern sind für den Betrieb Leseverstärker notwendig, welche die geringen Spannungsimpulse auf der Leseleitung in passende logische Spannungspegel umwandeln. Zum Beschreiben sind Stromquellen notwendig.

### **Anordnung in einer Matrix**

Damit nun nicht jeder Kern zwei eigene Drähte und einen eigenen Leseverstärker benötigt, wird folgender Kniff angewendet: Der Strom  $I_m$  der Schreibleitung wird auf zwei Drähte aufgeteilt, welche nur noch je die Hälfte der zur Ummagnetisierung erforderlichen Stromstärke führen. Diese X- und Y-Drähte werden in einer Gitterstruktur (Matrix) angeordnet und tragen an jedem Kreuzungspunkt einen Kern. Soll nun ein bestimmter Kern angesprochen werden, so wird je die Hälfte des benötigten Stromes durch den betreffenden X-Draht und den betreffenden Y-Draht beigesteuert. Somit „spüren“ andere Kerne entweder nur die Hälfte oder gar keine Feldstärke und ändern ihren Zustand nicht.

Zur Realisierung eines 16-KBit-Speichers sind somit  $2 \times 128$  Drähte und ebenso viele steuerbare Stromquellen nötig.

### **Lesen/Schreiben**

Für das Lesen und Schreiben in einer Matrix werden zwei weitere Drähte benötigt, welche durch alle Kerne durchgeschleift werden – der Abtast-Draht (*sense-line*) oder auch S-Draht genannt, und in früheren Kernspeichern auch noch der Blockier-Draht (*inhibit-line*).

Grundsätzlich wird immer ein Lese- und ein Schreibzyklus gleichzeitig ausgeführt. Im Lesezyklus wird mit den X- und Y-Drähten der entsprechende Kern zur logischen „0“ hin um magnetisiert. Wenn der Kern schon vorher eine „0“ gespeichert hat, passiert im Lesezyklus nichts – bei der „1“ hingegen wird auf Grund der um magnetisierung ein Puls im S-Draht induziert. Im Schreibzyklus wird der Kern wieder in die „1“-Richtung magnetisiert. Im Falle einer vorher gespeicherten „0“ wird während des Schreibzyklus durch den Blockier-Draht ein Strom in gegensätzlicher Richtung geschickt. Dieser reicht aus, die Feldstärke der X- und Y-Drähte so weit abzuschwächen, dass der Kern nicht in die „1“-Richtung um magnetisiert wird.

Da der Abtast-Draht und der Blockier-Draht nie gleichzeitig benutzt werden, benutzen spätere Systeme nur einen kombinierten Draht. Eine zusätzliche Steuerung schaltet zwischen den zwei Funktionen um.

Computerprogramme, welche Kernspeicher benutzen, nutzen diesen Lese/Schreibzyklus oft als Vorteil: Wenn z. B. zu einem Datenwort ein Wert hinzuaddiert werden soll, wird es zunächst nur gelesen (Lesezyklus). Mit dem Schreibzyklus wird gewartet, bis die Addition abgeschlossen ist. So kann die Geschwindigkeit gewisser Operationen verdoppelt werden.

Bleibt noch anzumerken, dass solche "Fädelspeicher" auch in den Bordrechnern der Apollo-Raumkapseln eingesetzt wurden (entwickelt am MIT).