

Magnetische Interaktionen in Reedrelaisanwendungen

Reedrelais sind empfänglich für externe magnetische Einflüsse, unter bestimmten Umständen können diese zur Reduzierung der Arbeitsleistung des Bauteils führen. Dieser Abschnitt beschreibt praktische Abhilfen zur Reduzierung magnetischer Effekte zwischen benachbarten Reedrelais. Die Hinweise können auf viele andere Interaktionsfragen transferiert werden.

Mit dem Miniaturisierungstrend bei vielen elektronischen Geräten und Anlagen wird die Packungsdichte größer und der Abstand zwischen den Relais immer geringer. Einkoppelte Fremdfelder beeinflussen insbesondere Werte wie Anzugsspannung und Abfallspannung. Unter gewissen Betriebszuständen werden benachbarte Relais somit in Mitleidenschaft gezogen. Die aufgezeigten Daten wurden experimentell in einer Relaismatrix unter worst-case-Bedingungen ermittelt. Der Versuch wurde mit der SIL-Serie durchgeführt, aufgrund ähnlicher Verhaltensweisen lassen sich die Ergebnisse aber auf die meisten anderen Serien übertragen.

Eine Checkliste für das Design einer Reedrelaismatrix deckt die wichtigsten Faktoren ab. Systematisch angewendet hilft diese zu einer Lösung mit hoher Ausfallsicherheit und guter Performance.

Faktoren, die zur gegenseitigen magnetischen Beeinflussung beitragen

Eine ganze Anzahl von internen und externen Faktoren bestimmen die Sicherheit von Reedrelais in einer Relaismatrix und die Abhängigkeit interner magnetischer Beeinflussung (EMI).

Interne Faktoren sollten bereits beim Designbeginn besprochen und in Betracht gezogen werden. Diese sind wie folgt:

- Drahtstärke
- Spulenwiderstand
- Wickelrichtung der Spule
- Drahtanschlüsse
- Empfindlichkeitsklasse des Reedschalters (AW)
- Type des Reedschalters
- Anzahl der Reedschalter im Relais
- Interne Abschirmung

Externe Faktoren. Wichtig ist die Kontrolle des Umfeldes der Relaismatrix. Um keine Funktionsstörungen (auch zeitweilige) zu haben lohnt sich eine intensive Untersuchung. Einige Punkte, die untersucht werden sollten:

- Alle Magnetfelder in der Nähe der Relais
- Abstände zwischen den Relais und den unterschiedlichen Karten
- Polarität der Spulen
- Externe magnetische Abschirmungen

Magnetische Kopplung zwischen Relais

An einigen Beispielen wollen wir die magnetische Beeinflussung angrenzender Relais untereinander aufzeigen. Abb. # 1 zeigt den Feldlinienverlauf der Spulen zweier nebeneinander angrenzenden Relais auf einer Leiterplatte. Relais K1 und K2 sind identisch aufgebaut, der Spulenstrom in beiden Relais fließt in dieselbe Richtung.

Der Feldlinienverlauf entsteht, wenn beide Relais mit der notwendigen Spannung versorgt werden. Werden K1 und K2 mit Energie beaufschlagt, beeinflussen sich die entgegengesetzt gepolten Feldlinien nachteilig. Das Magnetfeld aus K2 spricht ins Relais K1 über und umgekehrt.

Ist K2 aktiv und K1 in Ruheposition, so ist Relais K2, innerhalb der Herstellerspezifikation betrieben, in ungestörtem Betrieb. Durch die Beaufschlagung von K2 bei bereits aktivem K1 entsteht eine Erhöhung der Anzugs- und Abfallspannung und könnte so über dem bekannten und geplanten Wert liegen.

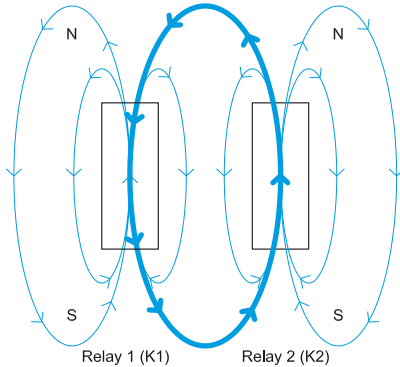


Abb. # 1 Magnetische Beeinflussung zweier Reedrelais

Ist K1 aktiv mit einem gegengepolteten Strom im Vergleich zu K2, so ist das Ergebnis umgekehrt: im Falle der Erregung von K2 senken sich Anzugs- und Abfallspannung unter die bekannten oder geplanten Werte.

Ergebnis aus den Untersuchungen mit einer Matrix

Es gibt unterschiedlichste Formen einer Relaismatrix. Wir haben die fünf wichtigsten untersucht und die Ergebnisse entsprechend dargestellt. Ebenso haben wir nur die wichtigsten Polungsmöglichkeiten dargestellt.

Versuchsaufbau

Die Daten wurden mit Relais aus der Standardserie SIL erfasst, ein Relais, das in der Messtechnik sehr verbreitet ist. Der Testaufbau wird in Abb. # 2 dargestellt.

Bis auf das Testrelais wurden alle Relais um den Probanden herum mit derselben Polarität eingebaut. Alle Relais waren mit Nennspannung versehen. Danach wurden Anzugs- und Abfallspannung des Testrelais mit derselben Polung wie all die anderen Relais versehen, schrittweise bis zum Einschalt- beziehungsweise Ausschaltpunkt.

Bei höheren Spulenspannungen zeigt sich ein ähnliches Bild, vielleicht ist der Einfluss sogar noch etwas größer.

Die in Abb. # 3 gezeigten Kurven beinhalten auch Relais mit Magnetschirm, dieser ist Bestandteil der Relaiskonstruktion.

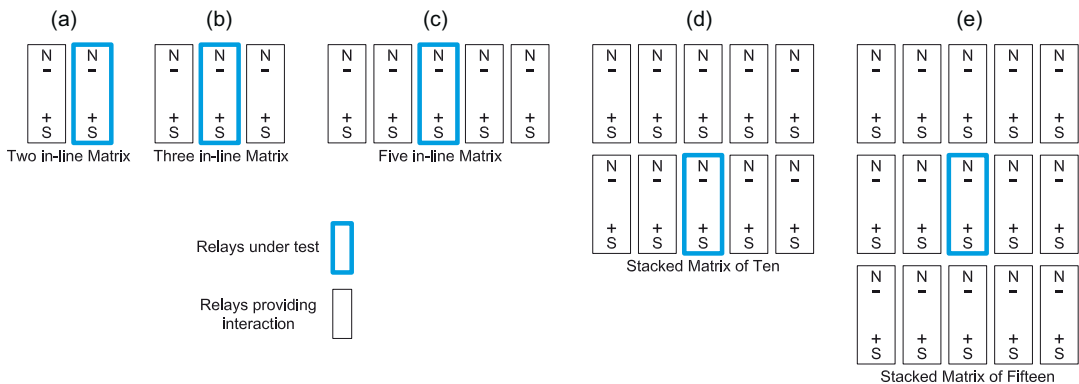


Abb. # 2 Relais-Testkonfiguration: (a) Matrix mit zwei Gleichen; (b) Matrix mit 3 Gleichen; (c) Matrix mit 5 Gleichen; (d) Matrix mit 10 Gleichen (e) Matrix mit 15 Gleichen.

Datenanalyse

Wo alle Relais dieselbe Polarität haben und die angrenzenden Felder übersprechen, ist sehr schnell die Gefahrgrenze durch magnetische Beeinflussung erreicht (siehe Abb. # 2). Die Beeinflussung wird bei einer Kopf- an- Kopf- Montage wie in Abb. # 2d und Abb. # 2e dargestellt, etwas reduziert. Der Effekt wird in Abb. # 3b eindrücklich im Schaubild abgebildet.

Bei den dargestellten worst-case-Bedingungen sind keine wirklichen Ausfälle durch die Erhöhung der Abfallspannung zu erwarten, mit demselben Anteil auch bei höheren Anzugsspannungen.

Ein Problem ist bei der Polaritätsänderung zu erwarten, dort senkt sich die Spannung entsprechend. Die Gefahr kann durch Anwendung einer zweckdienlichen Relaisanordnung vermieden werden, wichtig ist auch die Verwendung gleichmäßig hergestellter Relais.

Die Änderung der Anzugsspannung (Delta Uan) wird ermittelt durch die Verhältniszahl Uan mit und Uan ohne Beeinflussung. Die prozentuale Änderung eines 5V-Relais wird mathematisch folgendermaßen ermittelt:

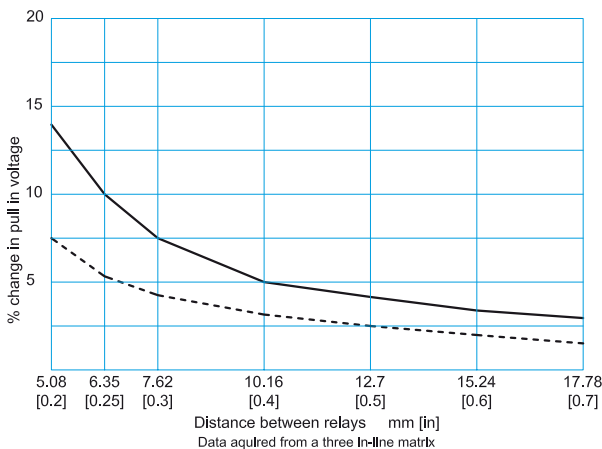
$$\% \Delta U_{an} = \Delta U_{an}(100)/5 \text{ Volt}$$

Gleichung # 1

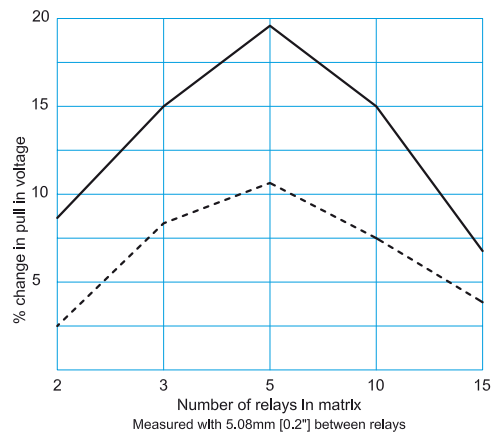
Die Änderung durch magnetische Beeinflussung ist in einer bestehenden Matrix immer dieselbe, unabhängig vom ursprünglichen Anzugswert der Spule. Hat ein Relais z.B. eine Anzugsspannung von 2,3 V ohne Beeinflussung, so steigt der Wert bei einem Delta von 0,4 V auf 2,7 V an. Ein anderes Relais, eingebaut in derselben Matrix unter denselben Bedingungen, hat eine ursprüngliche Anzugsspannung von 2,6 V; diese steigt dann auf 3,0 V an, also wieder um das Delta von 0,4 V.

Gleichungen zur Berechnung der magnetischen Beeinflussung

Für die weiteren Untersuchungen haben wir die 5V-Matrix, wie in Abb. # 2 b dargestellt, zu Grunde gelegt. Aufgebaut mit 3 Relais, alle ohne magnetischen Schirm versehen. Alle Messungen werden am mittleren Relais getätigt, die zugrunde gelegte Anzugsspannung beträgt 2,6 V. Die äußeren Relais werden mit Nennspannung 5 V betrieben.



(a)



(b)

———— Relays without magnetic shielding
 - - - - - Relays with magnetic shielding

Abb. # 3 (a) Prozentualer Anstieg Uan vs Abstand der Relais. Daten werden an einer Dreier-Matrix gemessen. (b) Prozentuale Veränderung Uan vs Anzahl der Relais in einer Matrix bis fünfzehn Relais wie Abb. # 2.

Das mittlere Relais wird langsam beströmt, die zu erwartende Änderung der Anzugsspannung kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Delta U_{an} = \% \Delta U_{an} \times U_{nenn} / 100 \quad \text{Gleichung \# 2}$$

ΔU_{an} = erwartete Änderung der Anzugsspannung.

$\% \Delta U_{an}$ = die prozentuale Beeinflussung bezogen auf die Nennspannung, dargestellt in Abb. # 3a und # 3b.
 U_{nenn} = Nennspannung, durch den Hersteller spezifiziert

$$Pl_{wc} = Pl_{act} + \Delta U_{an} \quad \text{Gleichung \# 3}$$

Pl_{wc} = Änderung der Anzugsspannung im interaktiven Betrieb

Pl_{act} = die Ist- Anzugsspannung ohne magnetischen Einfluss

Aus Abb. # 3a kann man bei einer Nennspannung von 5 V eine magnetische Beeinflussung von 14.2% entnehmen. Mit Gleichung # 2 lässt sich die Anzugsspannung errechnen:

$$\Delta U_{an} = (14,2 \times 5) / 100 = 0,71 \text{ V}$$

Der Rechnung zugrunde liegt ein Relais mit einer tatsächlichen Anzugsspannung von 2,6 V. Damit kann die zu erwartende Anzugsspannung gemäß Gleichung # 3 wie folgt berechnet werden:

$$Pl_{wc} = 2,6 \text{ V} + 0,71 \text{ V} = 3,31 \text{ V} \quad \text{Gleichung \# 3}$$

Der kalkulierte Betrag für die erhöhte Anzugsspannung ist vermutlich der worst-case-Fall in der ganzen Matrix und bildet alle möglichen Kombinationen ab. Mit diesem Wert kann die Erhöhung an allen Relais bestimmt werden - er ist über den ganzen Bereich der zulässigen Anzugsspannung annähernd gleich.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Abfallspannung denselben Effekt wie die Anzugsspannung zeigt, und zwar in derselben Höhe. In unserem Beispiel sind wir von einer Abfallspannung ohne magnetische Beeinflussung von 1,4 V ausgegangen. Unter den beschriebenen Bedingungen ändert sich der Abfallwert von 1,4 V auf 2,11 V. Bis auf ganz wenige Ausnahmen -

manchmal ist der Abfallwert Teil des Designs - ist dieser Effekt ohne negative Wirkung für die Matrixschaltung.

Methode zum Reduzieren von Magnetischen Effekten

- Reed Relais mit internem Schirm verwenden.
- Relais mit externem magnetischem Schirm auf der Matrix benutzen.
- Grössere Abstände zwischen den einzelnen Relais wählen.
- Gleichzeitiges Schalten von nebeneinander liegenden Relais vermeiden
- Eine spezielle Matrixkonfiguration erstellen

Spezielle Bedingungen

Die dargestellten Ergebnisse in Schaubild # 3 wurden an einem nicht erregten Relais gemessen, umgeben von vielen mit Nennspannung beaufschlagten Relais derselben Type. Dies entspricht in vielen praktischen Anwendungen aber nicht den Tatsachen, viele Relais sind hier miteinander geschlossen. Hinzu kommen weitere externe Einflüsse wie Temperaturveränderungen oder schlechte Belüftung der Karten.

Mit einigen einfachen Tricks lassen sich die Beeinflussungen aber um den Faktor 2 reduzieren. Dazu werden die Relais während der Messung am Prüfling mit einer rampenförmigen Spannung beaufschlagt.

Der Effekt lässt sich leicht messen. Noch größer ist die Wirkung bei höheren Rampenfrequenzen und gleichzeitiger Erregung aller Relais in der Matrix.

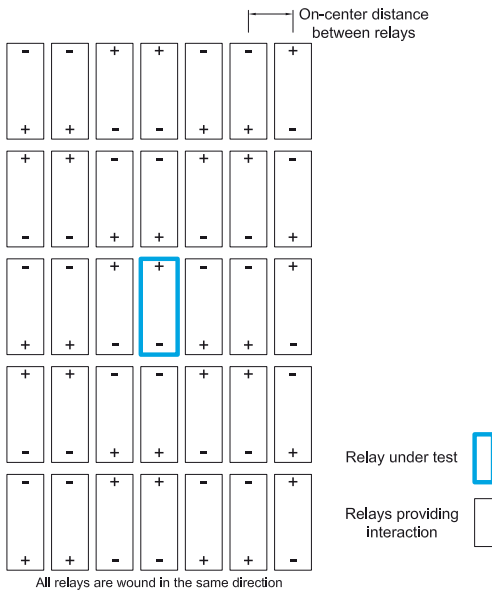


Abb. # 4 Aufbau mit Paarigen zur Reduzierung der Interaktion.

Besondere Matrixanwendungen

Reedrelais, designed für eine Matrix, haben normalerweise immer dieselbe Wickelrichtung bei der Erreger-spule - der darin entstehende magnetische Fluss hat somit ebenfalls dieselbe Richtung. Fachmännisch angeordnet kann dies zur Reduzierung des magnetischen Übersprechens genutzt werden.

In Abb. # 4 zeigen wir eine Matrixanordnung, hier wird das entgegengesetzt wirkende Magnetfeld ausgenutzt, um das magnetische Übersprechen zu reduzieren. Dies geschieht ohne magnetische Abschirmung im Relais; die Spulen müssen aber dieselbe Wickelrichtung haben, ansonsten ist der Erfolg dem Zufall überlassen. Der erreichte Effekt wird in Abb. # 5 aufgezeigt.

Vergleicht man die Daten in Abb. # 5 (Relais angeordnet nach Abb. # 4) mit den Daten in Abb. # 3 (Relais angeordnet nach Abb. # 2e), so ist der erzielte Effekt der Reduzierung des Übersprechens ohne zusätzliche magnetische Abschirmung zwischen 2,5% und 6% beachtlich. Die Relais müssen aber, und das gilt es nochmals zu unterstreichen, immer denselben Wickelsinn in der Spule aufweisen.

Checkliste zum Design einer Relaismatrix

1. Angelegte Spannung an den Relais
2. Temperatureffekte
3. Benötigter Platzbedarf
4. Abstand zwischen den Relais
5. Beaufschlagung der Matrix
6. Magnetische Abschirmung
7. Lebensdauererwartung
8. Designanalyse

1. **Angelegte Spannung an den Relais.** Bei maximaler Belastung und unter höheren Umgebungstemperaturen kann die Ausgangsspannung der Stromversorgung etwas unter die spezifizierten 5 V fallen. Kommt dann noch die Reduzierung der Spulenspannung um einen Treiber/ Transistor von 0,7 Volt dazu, so fällt die Nennspannung von den geforderten 5 V auf 4,2 V.

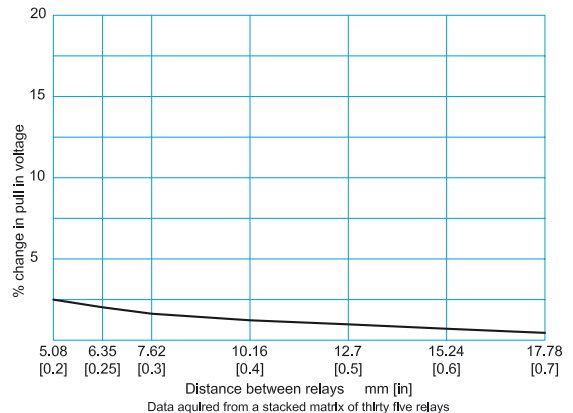


Abb. # 5 Matrix mit gegenpoliger Wirkung.

2. **Temperatureffekte.** Bezugswert für die Spezifizierung der Anzugsspannung ist eine Temperatur von 25 °C. Für ein Relais mit 5 V Nennspannung liegt diese normalerweise bei 3,6V. Steigt die Umgebungstemperatur auf 50 °C an, so ist mit einer Erhöhung der Anzugsspannung auf 4 V zu rechnen (positiver Temperaturkoeffizient von Kupfer liegt bei 0,4 % per Grad Celsius).
3. **Benötigter Platzbedarf.** Für eine Matrix mit 50 Relais bietet sich an, fünf Reihen mit je zehn Relais

aufzubauen, siehe auch Abb. # 4.

4. **Abstand zwischen den Relais.** Der Relaisabstand in den Reihen sollte im Falle der Serie SIL 5,08 mm betragen, gemessen Relaismitte bis Relaismitte.
5. **Beaufschlagung der Matrix.** In unserem dargestellten Beispiel werden drei Relais parallel mit Spannung beaufschlagt. Abb. # 3a zeigt die gegenseitige magnetische Beeinflussung. Bei einer ungeschirmten Lösung liegt die maximal zu erwartende Änderung bei 7,5 %. Umgerechnet mit Gleichung # 2 bedeutet dies bei einer 5 Volt - Matrix eine Erhöhung der Anzugsspannung um 0,38 V.
6. **Magnetische Abschirmung.** Eine magnetische Abschirmung ist bei unserem Beispiel nicht vorgesehen.
7. **Lebensdauererwartung.** Normalerweise sollte zum Schalten von mittleren und hohen Lasten eine Übererregung der Relais um 100 % erreicht werden; dieser Wert bezieht sich auf den Anzugswert des gewählten Relais. In unserem Beispiel ist die Übererregung kleiner; da aber nur low-level Signale im Tester zu erwarten sind kann dieser Wert akzeptiert werden.

8. **Designanalyse.** Nimmt man die unter Punkt 2 und Punkt 5 beschriebenen Effekte zusammen so ist in unserem Beispiel mit einer maximalen Anzugsspannung von 4,3 V zu rechnen. Abhilfe erreicht man durch Erhöhung der Ausgangsspannung der Stromversorgung oder einer Reduzierung der Anzugsspannung der Relais von 3,6 V auf 3,2 V oder noch etwas darunter.

Zusammenfassung

Wird die gegenseitige magnetische Beeinflussung beim Aufbau einer Matrix ignoriert, kann es zu ernsthaften Funktionsstörungen kommen. Abhilfe ist durch mehrere Lösungen denkbar.

Wir haben versucht, die bekannten worst-case-Szenarien zusammenzutragen. Die Erkenntnisse sind in der Checkliste aufgezeigt.

Kontaktieren Sie uns rechtzeitig, wenn Sie mit dem Design einer Relaismatrix beginnen. All die bekannten Effekte, rechtzeitig berücksichtigt, schützen Sie vor eventuellen unerwarteten Überraschungen.