

Moderne Oszilloskop-Meßtechnik Teil 13

Ungenügende Tastkopf-Masseverbindungen können erhebliche Signalverfälschungen hervorrufen. Was hierbei zu beachten ist und welche Optimierungen anzuwenden sind, zeigt der vorliegende Teil dieser Artikelserie.

10.4 Signalverfälschung durch die Tastkopf-Masseverbindung

Die Verwendung eines hochwertigen Oszilloskops in Verbindung mit einem hochwertigen Taster-System ist noch kein Garant für eine unverfälschte, der Realität entsprechende Signaldarstellung. Für jede Signalspannungs-Messung mit einem Oszilloskop ist grundsätzlich eine Tastkopf-Masseverbindung erforderlich. D. h. für eine Signaldarstellung reicht es nicht aus, lediglich die Tastkopfspitze mit dem Meßpunkt zu verbinden, es muß zusätzlich eine Masseverbindung zum Bezugspunkt der zu prüfenden Schaltung oder des zu prüfenden Gerätes hergestellt werden.

Üblicherweise erfolgt die Masseverbindung mit der am Taster vorhandenen ca. 15 - 30 cm langen Masseleitung, die am Ende mit einer Klemme versehen ist.

Bei Prüflingen mit 3adriger Netzleitung und Schutzgeerdeten Oszilloskopen wird bereits eine Masseverbindung über den Netz-Schutzleiteranschluß bereitgestellt. Sollen lediglich Gleichspannungen oder sehr niederfrequente Signale gemessen werden, so kann diese „natürliche“ Masseverbindung vielleicht schon ausreichend sein.

In der Regel führt jedoch diese hochinduktive, stömpfindliche Masseverbindung zu sehr starken Rausch-/Störüberlagerungen und Signalverzerrungen, insbesondere dann, wenn kleine Signalpegel zu messen sind. Im Bereich der modernen Digitaltechnik, wo Anstiegszeiten im Na-

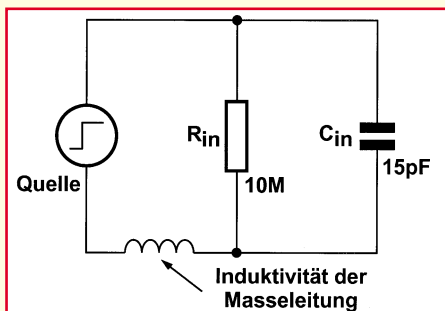


Bild 58: HF-Ersatzschaltbild eines an einer Quelle angeschlossenen, passiven Taster-Systems

nosekundenbereich und Taktraten bis hinauf zu einigen hundert MHz heute schon keine Seltenheit mehr sind, muß der Tastkopf-Masseverbindung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

10.4.1 Induktivität der Masseverbindung

Abbildung 58 zeigt das HF-Ersatzschaltbild eines an einer Quelle angeschlossenen passiven Taster-Systems. Der Widerstand R_{in} und der Kondensator C_{in} entsprechen den Belastungsgrößen eines handelsüblichen Oszilloskops mit angeschlossener 10x-Taster, wie wir sie im vorangegangenen Artikel kennengelernt haben.

Der Innenwiderstand der Quelle ist bei dieser Betrachtung ohne Bedeutung. Im unteren Verbindungsweig zur Quelle ist die Masseanschlußleitung in Form einer Induktivität eingezeichnet. Eine Masseleitung, wie oben schon angesprochen, besteht üblicherweise aus einer einfachen unabschirmten Leitung, deren Induktivität überschlagsweise mit ca. 1 nH je Millimeter angesetzt werden kann.

Wie aus dem Ersatzschaltbild leicht erkennbar, bildet die Induktivität der Masseleitung zusammen mit der Belastungskapazität des Meßsystems C_{in} einen Resonanzschaltkreis mit einer relativ geringen Bedämpfung von nur 10 MΩ durch den Belastungswiderstand R_{in} des Meßsystems. Jeder Impuls oder auch jede entsprechend steile Signalflanke, die auf ein solches Meßsystem trifft, wird den Resonanzkreis $L_{Masseleitung}$ und C_{in} zu Schwingungen anregen und womöglich gravierende Signalverfälschungen hervorrufen.

Ein handelsüblicher passiver Taster mit einer Belastungskapazität von ca. 15 pF und einer Masseleitungslänge von 20 cm, was gemäß der oben getroffenen Festlegung einer Induktivität von ca. 200 nH entspricht, wird bei ca. 92 MHz schwingen. Die Berechnung der Eigenresonanz erfolgt nach folgender Formel:

$$f_{res} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{Masseleitung} \cdot C_{in}}}$$

Abbildung 59 zeigt das Oszillogramm eines 1MHz-Rechtecksignals, wobei hier nur die positive Flanke mit der relativ ho-

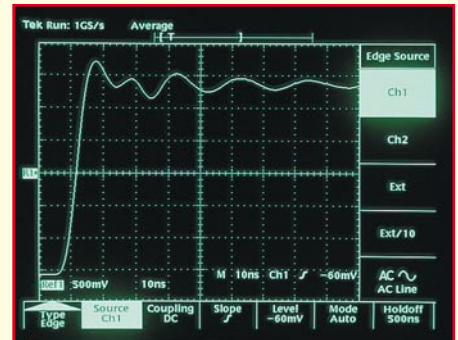


Bild 59: Anstiegsflanke eines 1MHz-Rechtecksignals bei optimalen Meßbedingungen



Bild 60: Tastkopf-BNC-Adapter

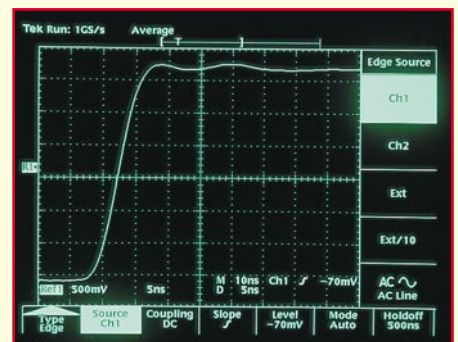


Bild 61: Signalverfälschungen durch zu lange Tastkopf-Masseleitung

hen Anstiegszeit von 6 ns gezeigt ist. Diese Messung erfolgte mit Hilfe eines Tastkopf-BNC-Adapters wie er in Abbildung 60 gezeigt ist, d. h. Masseleitungsinduktivitäten waren nicht vorhanden, und wir können davon ausgehen, daß diese Messung den wirklichen Signalverlauf zeigt.

Abbildung 61 zeigt das gleiche Signal,

gemessen mit dem gleichen Tastteiler, wobei der Masseanschluß hier über die beiliegende, ca. 20 cm lange Masseleitung erfolgt.

Im Vergleich zu Abbildung 59 sind hier deutlich die signalverfälschenden Resonanzerscheinungen zu erkennen. Die Überschwingfrequenz beträgt hier ca. 62 MHz, wobei die Ursache nicht allein in der Induktivität der Masseleitung zu sehen ist. Neben der Masseleitungslänge hat auch die Kapazität der Signalquelle einen entsprechenden Einfluß auf die Überschwingfrequenz. Weiterhin ist die Koaxialumgebung des Tastkopfes am Signalerfassungspunkt durch die Masseleitung aufgehoben und für hohe Frequenzen nicht mehr korrekt abgeschlossen.

Das jetzt nicht abgeschlossene Tastkopfkabel-System entwickelt Reflexionen, die sich mit der Überschwingfrequenz mischen, und das Signal erzeugt eine Reihe nicht vorhersagbarer Ergebnisse.

Hier liegt der Schlüssel zur Erkennung von Masseleitungs-Problemen.

Abbildung 62 zeigt exakt dieselbe Einstellung wie Abbildung 61, mit der Aus-

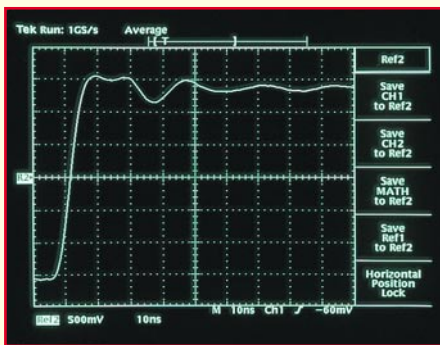


Bild 62: Signalveränderungen bei Berührung deuten auf Masseprobleme hin

nahme, daß das Massekabel bewegt und ein Teil des Kabels mit der Hand berührt wurde. Immer wenn sich Veränderungen in der Darstellung durch Bewegungen oder Berühren des Tastkopf-Massekabels ergeben, deutet dieses auf Masseprobleme hin.

Ein korrekt geerdeter Tastkopf ist weitgehend unempfindlich gegen Bewegung und Berührung. Bei unveränderten Bedingungen erzeugen die kürzesten Erdungsleitungen die höchste Überschwingfrequenz.

Bei sehr kurzen Leitungen kann es sein, daß die Überschwingfrequenz so groß ist, daß sie außerhalb des Durchlaßbereichs des Oszilloskops liegt, und/oder die Eingangsfrequenz ist nicht hoch genug, um die Resonanzschaltkreise der Erdungsleitungen zu erregen.

In jedem Fall sollten die kürzesten Erdungsleitungen benutzt werden, um Signalverfälschungen durch Resonanz-



Bild 63: Tastkopf-Massefeder zur Verringerung der Masseanschluß-Induktivität

scheinungen zu vermeiden. Optimal ist es, wenn möglich ganz auf die Masseleitung am Tastkopf zu verzichten. Bei Messungen an z. B. BNC-Buchsen bietet sich der Einsatz eines Adapters, wie in Abbildung 60 gezeigt, an.

Für direkte Messungen an Leiterplatten ermöglicht der Einsatz einer Tastkopf-Massefeder, wie in Abbildung 63 gezeigt, die Verringerung von Masseanschluß-Induktivitäten und somit weitgehend unverfälschte SignalDarstellungen.

10.4.2 Signalverzerrungen durch Erdschleifen

Eine andere Form der Signalverzerrung kann durch eine Signalinjektion in das Erdungssystem verursacht werden.

Dies kann durch unerwünschten Stromfluß in der Erdschleife zwischen den gemeinsamen Erdungsleitungen von Oszilloskop und Testschaltkreis sowie Erdungsleitung und Kabel des Tastkopfes hervorgerufen werden.

Normalerweise sollten alle genannten Punkte auf gleichem Potential liegen, so daß kein Massestrom fließen kann.

Liegen aber Oszilloskop und Testschaltkreis an unterschiedlichen Systemerdungen, können kleine Spannungsdifferenzen oder Rauschen auf einem der Erdungssysteme auftreten.

Der resultierende Stromfluß (bei Netzfrequenz oder einer Rauschfrequenz) verursacht einen Spannungsabfall an der äußeren Abschirmung des Tastkopfkabels und dieser gelangt in Reihe zum gewünschten Signal in das Oszilloskop.

Weiterhin kann durch Induktion in langen 50Ω-Erfassungskabeln und serienmäßigen Tastkopfkabeln ein Rauschen in ein Erdungssystem gelangen. In unmittelbarer Nähe von Stromversorgungskabeln und anderen stromführenden Leitern kann ein Stromfluß in den äußeren Kabeln der Tastköpfe oder serienmäßigen 50Ω-Koaxkabeln induziert werden.

Zur Vermeidung von induktiven Einkopplungen sollten Sie Signalerfassungskabel und -Tastköpfe so weit wie möglich von potentiellen Störquellen fern halten.

10.4.3 Einkopplung von Rauschstörungen in Tastkopf-Masseleitungen

Eine Tastkopf-Masseleitung stellt, wenn sie mit dem Testschaltkreis verbunden ist, eine Antenne dar.

Schnelle Logikschaltkreise können signifikantes elektromagnetisches Rauschen (gestrahlt) erzeugen. Wird die Erdungsleitung des Tastkopfes zu nah an bestimmten Bereichen positioniert, können Störsignale durch die Schleifenantenne, welche durch die Erdungsleitung gebildet wird, aufgenommen werden und sich mit dem Signal an der Tastkopfspitze mischen. Das Bewegen der Tastkopf-Masseleitung hilft bei der Erkennung dieser Störbeeinflussung.

Verändert sich der Rauschpegel, haben Sie es mit einem durch die Masseleitung induzierten Rauschproblem zu tun.

Eine noch bessere Lösung zur Identifikation ist es, den Tastkopf von der Signalquelle zu trennen und die Erdungsleitung an die Tastkopfspitze zu klemmen. Jetzt benutzen Sie die Erdungsleitung als Schleifenantenne und suchen die Strahlungsquelle auf der Platine.

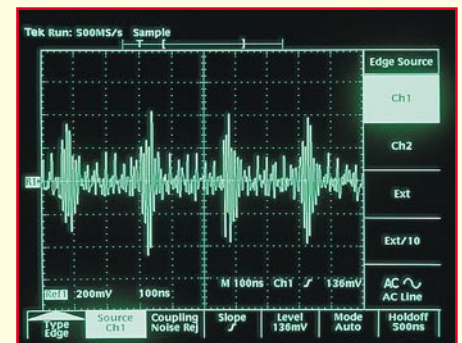


Bild 64: Störende Abstrahlung einer Digitalschaltung, gemessen mit einem kurzgeschlossenen Tastteiler (Rahmenantenne)

fenantenne und suchen die Strahlungsquelle auf der Platine.

Abbildung 64 zeigt, was man auf einer Leiterplatte finden kann, wenn die Tastkopfspitze mit der Masseleitung kurzgeschlossen ist.

Induziertes und injiziertes Rauschen werden mit kleineren Arbeitssignal-Pegeln immer wichtiger, weil der Signal-Rausch-Abstand vermindert wird.

Zur Vermeidung von Rausch-Induktionen sollte die Masseleitung des Tastteilers zusammengebündelt und so die Antennenschleife so klein wie möglich gehalten werden. Weitere Optimierungen sind auch durch die beschriebene Massefeder (siehe Abbildung 63) möglich.

Abschließend zum Thema Tastköpfe befassen wir uns im 14. Teil dieser Artikelserie mit aktiven Tastkopfsystemen. **ELV**