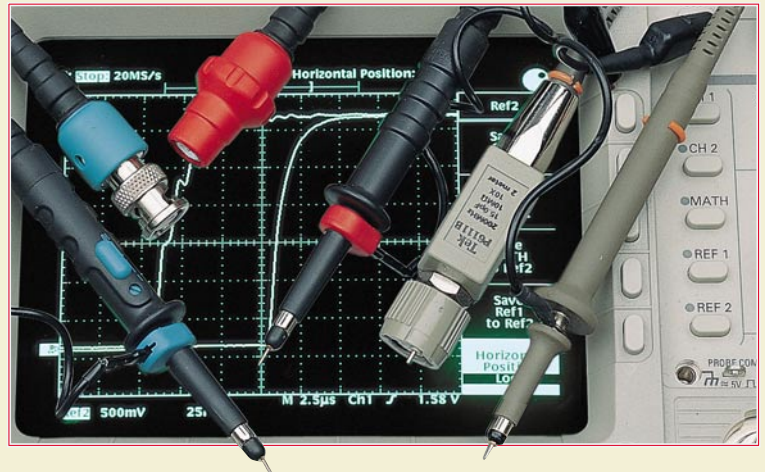


Moderne Oszilloskop- Meßtechnik

Teil 11



Als Bindeglied zwischen Meßpunkt und Oszilloskop kommt dem Tastkopf eine besonders große Bedeutung zu. In den folgenden Ausgaben dieser Artikelserie wollen wir diese Thematik näher beleuchten.

10 Oszilloskop-Tastköpfe

Beim Messen mit nahezu allen Service-, Universal- und Labor-Oszilloskopen werden Tastköpfe für die direkte, flexible und bequeme Verbindung mit einem Prüfling benutzt.

Unter den vielen unterschiedlichen Messungen nehmen Spannungsmessungen den größten Raum ein. Aus diesem Grunde konzentrieren sich die folgenden Artikel auf Spannungstastköpfe, ihre vielen Anwendungen, die elektrischen und mechanischen Charakteristika/Spezifikationen und vor allem darauf, wie der richtige Spannungstastkopf für Ihre Anwendung ausgewählt wird.

Obwohl die richtige Wahl der Spannungstastköpfe sehr wichtig ist, haben wir die Spezial-Tastköpfe nicht vergessen. Dazu gehören Tastköpfe, mit denen ein Oszilloskop Strom messen kann, Tastköpfe, die nur die Differenz zwischen zwei Spannungen messen (differentielle Tastköpfe) und Tastköpfe, die für extrem niedrige Belastung bei hohen Frequenzen entwickelt wurden.

Die ideale Tastkopf/Oszilloskop-Kombination sollte Ihr Signal erfassen und es möglichst unverfälscht auf dem Bildschirm darstellen, ohne die Signalquelle zu verändern. Unglücklicherweise gibt es keinen idealen „lastfreien“ Tastkopf.

10.1 Der Tastkopf: Die wichtige Verbindung in Ihrem Meßsystem

Tastköpfe verbinden die Meßpunkte in einem Prüfling mit den Eingängen eines Oszilloskops. Von der Auswahl des richtigen Tastkopfes für Ihre Meßanforderung hängt die optimale Leistung des Systems ab.

Obwohl Sie ein Oszilloskop und einen Prüfling mit einem einfachen Draht verbinden könnten, würde diese einfachste

Art der Verbindung die vollen Fähigkeiten Ihres Oszilloskops nicht zum Tragen bringen. Ebenso kann ein Tastkopf, der für Ihre Applikation nicht geeignet ist, wesentlich schlechtere Meßergebnisse sowie kostspielige Verzögerungen und Fehler hervorrufen.

Es gibt legitime Gründe, ein Stück Draht zu benutzen, oder richtiger gesagt, zwei Stücke Draht; einige Oszilloskope mit niedriger Bandbreite und spezielle Einschubverstärker besitzen nur Klemmanschlüsse als Eingang, die ein bequemes Mittel zum Befestigen von Drähten unterschiedlicher Länge bieten.

Diese Geräte sind zur Messung von Gleichspannungen oder auch niederfrequenten (Audio) Signalen geeignet.

Bei netzbetriebenen Geräten ist jedoch von dieser Art der Signalkontaktierung, Ihrer eigenen Sicherheit wegen und wegen der Gefahr, den Prüfling zu beschädigen, abzuraten.

Zwei nicht zu identifizierende Drähte, eine Signalleitung und eine Erdleitung könnten in einem netzbetriebenen Gerät Beschädigungen verursachen. Wenn die Erdleitung bei einem netzbetriebenen Gerät mit irgendeinem schwebenden Signal verbunden wird, werden sich unter Umständen schwere Beschädigungen einfach daraus ergeben, daß das Oszilloskop und der Prüfling am gleichen Netzanschluß hängen (oder hängen sollten) und durch eine gemeinsame Erdleitung ein Kurzschluß entsteht.

Außer den erwähnten Gefahren gibt es zwei Haupt-Leistungsbegrenzungen, die bei der Verwendung von einfachen Drähten zur Übertragung des Signals zum Oszilloskop auftreten: Schaltkreisbelastung und Empfänglichkeit für externe Einflüsse.

10.1.1 Schaltkreisbelastung

Die Schaltkreisbelastung durch das Prüfsystem (Oszilloskop-Tastkopf) ist eine

Kombination von Widerstand und Kapazität. Ohne Verwendung eines Teilertastkopfes (10x) beträgt die Belastung am Prüfling $1\text{ M}\Omega$ (Eingangswiderstand des Oszilloskops) und mehr als 20 Picofarad (20 pF), der typischen Eingangskapazität des Drahtes.

Abbildung 47 zeigt, wie ein „echtes“ Signal aus einer Quelle mit $500\ \Omega$ Impedanz aussieht, wenn es über einen $10\text{ M}\Omega$, 10pf-Tastkopf zugeführt wird; das Oszilloskop-Tastkopfsystem hat eine Bandbreite von 200 MHz. Die beobachtete Anstiegszeit beträgt 10 ns.

Abbildung 48 zeigt, was mit dem gleichen Signal geschieht, wenn es über zwei

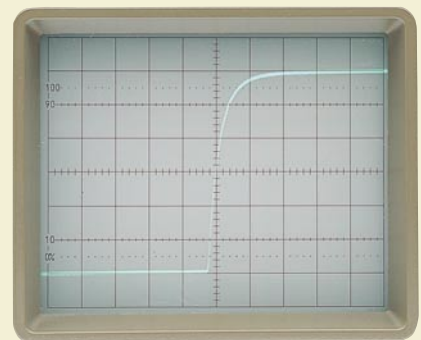


Bild 47: Oszillogramm bei Signalfuhr über Tastkopf

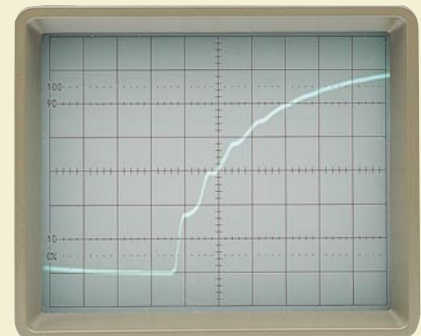


Bild 48: Oszillogramm bei Signalfuhr über Drähte

2 Meter lange Drähte zugeführt wird; die Belastung beträgt $1\text{ M}\Omega$ (Eingangswiderstand des Oszilloskops) und etwa 20 pF (die Eingangskapazität des Oszilloskops plus die Streukapazität der Drähte). Die beobachtete Anstiegszeit hat sich auf 55 ns verlangsamt, und der Frequenzgang des Systems hat sich verändert.

10.1.2 Empfindlichkeit für externe Einflüsse

Ein nicht abgeschirmtes Stück Draht verhält sich für die Aufnahme externer Felder wie Netzfrequenzstörungen, elektrisches Rauschen aus Leuchtstoffröhren, Sendern und Signalen von nahestehenden Geräten wie eine Antenne. Diese Signale werden nicht nur mit dem erwünschten Signal dem Oszilloskop zugeführt, sondern sie können auch dem Prüfling selbst zugeführt werden.

Die Quellimpedanz des Prüflings hat einen starken Einfluß auf den Pegel der im Draht einwirkenden Störsignale. Eine sehr niedrige Quellimpedanz neigt dazu, alle induzierten Spannungen nach Masse kurz-zuschließen, aber hochfrequente Signale könnten noch am Eingang des Oszilloskops erscheinen und das erwünschte Signal überlagern. Die Lösung ist natürlich die Verwendung eines Tastkopfes, der, außer seinen anderen Merkmalen, eine koaxiale Abschirmung des Mittelleiters bietet und damit praktisch die Aufnahme externer Fehler ausschließt.

Abbildung 49 zeigt, wie ein Signal mit niedrigem Pegel aus einer Quelle mit hoher Impedanz (100 mV an $100\text{ k}\Omega$) aussieht, wenn es über ein 200 MHz -Oszilloskop-Tastkopfsystem zugeführt wird. Die Last beträgt $10\text{ M}\Omega$ an 10 pF . Dies ist eine echte Darstellung des Signals mit der Ausnahme, daß die Widerstandslast des Tastkopfes die Amplitude um etwa 1% reduziert hat; das beobachtete HF-Rauschen ist Teil des Signals an dem Testpunkt mit hoher Impedanz und würde normalerweise durch die Bandbreitenbegrenzungstaste am Oszilloskop entfernt (siehe Abbildung 50).

Wenn wir den verwendeten Tastkopf nun einfach durch 2 ungeschirmte Lei-

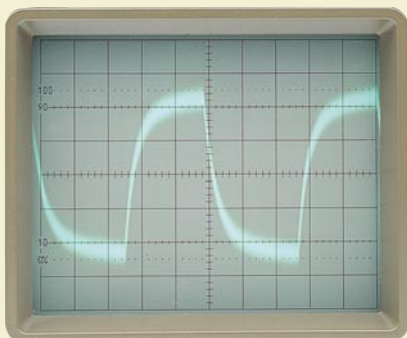


Bild 49: Signal einer Quelle mit hoher Impedanz

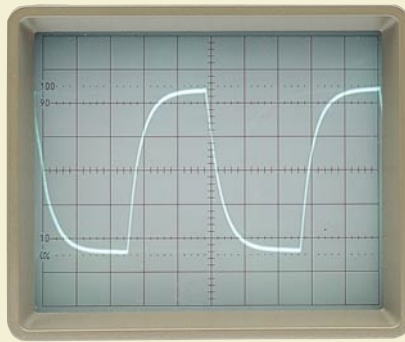


Bild 50: Signal wie aus Abbildung 49 mit eingeschalteter Bandbegrenzung

tungen ersetzen, geschehen 2 Dinge.

Die Amplitude fällt ab wegen der erhöhten Kapazitäts- und Widerstandslast, und das Signal wird durch Rauschen überlagert, weil die Drähte nicht abgeschirmt sind. Abbildung 51 zeigt die hierdurch entstehende Signalverfälschung.

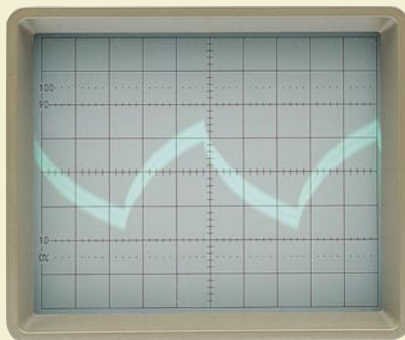


Bild 51: Starke Verfälschung durch einfache Drahtverbindung

Der größte Teil des beobachteten Rauschens sind Netzfrequenzstörungen aus Leuchtstofflampen im Prüfbereich. Der wahrscheinlich unangenehmste Effekt bei der Verwendung einfacher Drähte zur Beobachtung hochfrequenter Signale ist ihre Unvorhersehbarkeit. Jede Berührung oder Veränderung der Leitungen kann unterschiedliche und nicht wiederholbare Effekte in der beobachteten Darstellung verursachen.

10.2. Vorteile beim Einsatz von Tastköpfen

Nicht alle Tastköpfe sind gleich, und es gibt nicht für jede spezifische Anwendung einen idealen Tastkopf; sie haben aber alle gemeinsame Merkmale und Funktionen, die oft vorausgesetzt werden. Sie verbinden den Vertikaleingang eines Oszilloskops mit einem Schaltkreis. Ohne Tastkopf müßten Sie entweder das Oszilloskop nahe an die Meßstelle bringen oder die Meßstelle am Oszilloskop befestigen. Richtig eingesetzt, sind Tastköpfe eine bequeme, flexible und sichere Erweiterung eines Oszilloskops.

Eine Tastkopfspitze, entweder als Klemme oder als dünne feste Spitze ausgeführt,

stellt den Kontakt genau an der Stelle her, die Sie untersuchen möchten.

Alle Tastköpfe belasten bis zu einem gewissen Grad den Prüfling - die Quelle des Signals, das Sie messen. Trotzdem sind Tastköpfe das beste Mittel, um die notwendige Verbindung herzustellen. Wie wir gesehen haben, würde ein einfaches Stück Draht den Prüfling stark belasten; so sehr, daß der Prüfling unter Umständen nicht mehr funktioniert.

Tastköpfe wurden für minimale Belastung entwickelt. Passive, nicht gedämpfte $1\times$ -Tastköpfe bieten die höchste kapazitive Last aller Tastkopffarten - jedoch auch diese wurden entwickelt, um die Signaldämpfung so niedrig wie möglich zu halten.

Eine Drahtverbindung, wie vorstehend beschrieben, würde zusätzlich zu der Belastung des Schaltkreises wie eine Antenne wirken und Streusignale wie die 50 Hz -Netzfrequenz sowie Rundfunk- und Fernsehsignale auffangen. Das Oszilloskop würde diese Signale genauso wie das interessierende Signal vom Prüfling darstellen.

Neben der Reduzierung der Belastung durch Kapazität und Widerstand erweitert ein passiver Standard- $10\times$ -Tastkopf (10fache Dämpfung) die Sichtbarkeit der Signalamplitude auf dem Bildschirm um den Faktor 10. Die typische Mindestempfindlichkeit eines Oszilloskops ist 5 V/Teilung . Nehmen wir an, ein vertikales Raster mit 8 Teilungen würde mit einem $1\times$ -Tastkopf (oder einem direkten Anschluß) die Darstellung eines Signals mit maximal 40 V_{ss} ermöglichen. Mit einem passiven Standard- $10\times$ -Tastkopf können dann 400 V_{ss} beobachtet werden. Demnach sollte ein $100\times$ -Tastkopf die Beobachtung von 4 kV auf dem Bildschirm ermöglichen. Die meisten $100\times$ -Tastköpfe sind jedoch mit $1,5\text{ kV}$ spezifiziert, um den Streuverlust im Tastkopf selbst zu begrenzen.

Bei den Tastkopfspezifikationen sehen die meisten Anwender zuerst nach der Bandbreite. Es gibt aber viele andere Merkmale, die auch dabei helfen zu bestimmen, welcher Tastkopf für Ihre Anwendung der richtige ist. Schaltkreisbelastung, Signalabweichungen, dynamischer Bereich, Tastkopfabmessungen, Umwelteinflüsse und Erdleitungseffekte sind wichtige Aspekte bei der Tastkopfwahl.

Durch sorgfältige Beachtung der für Ihre Applikation erforderlichen Tastkopfcharakteristika erreichen Sie unverfälschte Messungen und nutzen voll die Fähigkeiten Ihres Gerätes.

Im Verlauf dieser Artikelserie werden wir auf die Thematik der Tastkopfauswahl noch näher eingehen. In Teil 12 befassen wir uns jedoch zunächst noch detailliert mit den unvermeidbaren Signalbeeinflussungen, die durch Tastköpfe hervorgerufen werden.