

Mode Conversion-Prüfung verhindert, dass Ihr Netzwerk in der Schwebe hängt

Überblick

Es gibt einen guten Grund, dass symmetrische Twisted Pair-Kupferkabel für die heutigen Hochgeschwindigkeits-Ethernet-Netzwerke verwendet werden, und dieser Grund ist die Symmetrie. Störsicherheit ist ein wichtiger Faktor in der Fähigkeit eines Kabels, Ethernet-Signale ordnungsgemäß zu übertragen, und die Symmetrie der zwei Leiter in einem Twisted Pair blendet alles in das Kabel eingeleitete Rauschen aus. Symmetrie ist auch für das Verhindern von Signalverlust vom Kabel verantwortlich. Da wir auf höhere Frequenzen und schnellere Datenraten umsteigen, werden Kabel immer empfindlicher gegen Rauschen, und es wird bedeutender denn je, eine gute Symmetrie sicherzustellen.

Symmetrie in Twisted Pair-Kabeln wird durch den Gesamtaufbau des Kabels und eine präzise Herstellung erzielt. Jedoch sind nicht alle Kabel gleich und es gibt viel Variabilität auf dem Markt. Die Sicherstellung der Symmetrie eines Twisted Pairs durch Mode Conversion-Prüfung ist ein ausgezeichnetes Anzeichen für Störsicherheit, einschließlich Fremdnebensprechen (AXT) in Anwendungen mit höheren Frequenzen. Die Mode Conversion-Prüfung ist jedoch derzeit nicht ein von Industriestandards vorgeschriebener Pflicht-Feldtest aufgrund des Mangels an Feldtestgeräten, die diese Tests durchführen können. Installateure und Endanwender vor Ort haben kein Mittel zum Überprüfen der Symmetrie - das heißt, bis jetzt.

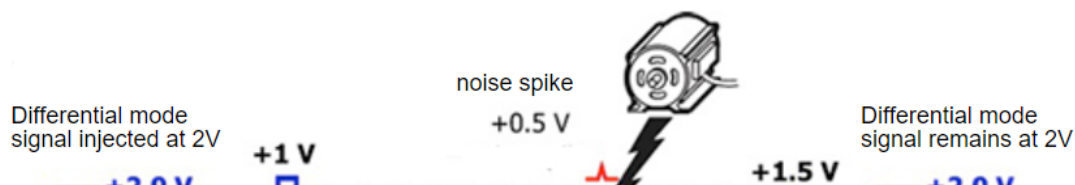
Warum Symmetrie von Bedeutung ist

Das Grundkonzept hinter der Symmetrie besagt, dass Ethernet-Signale im Differenzial-Modus auf die zwei Leiter eines Paares als entgegengesetzte positive und negative Spannungen angelegt werden, auch als phasenverschoben bekannt. Im Differenzial-Modus beziehen sich die zwei Signale aufeinander. Dies unterscheidet sich vom Gleichtakt, in dem die Signale phasengleich erscheinen und massebezogen sind.

Gleichtaktsignale können entlang dem Übertragungsweg einer Datenverbindung teilweise zum Differenzial-Modus umgewandelt werden und umgekehrt. Dieses Phänomen wird als Mode Conversion bezeichnet und kann innerhalb eines Paares oder zwischen Paaren auftreten, und es ist nicht von Vorteil. Wenn Rauschen in ein Kabel im Gleichtakt eingeleitet wird, kann ein Prozentsatz dieses Rauschens in den Differenzial-Modus umgewandelt werden und Teil des Ethernet-Signals werden. Die Unsymmetrie, die durch dieses Rauschen verursacht wird, führt zu einer ungleichen Spannung auf den symmetrischen Paaren. Dies führt zur einer Herabsetzung des Differenzialsignals der Ethernet-Übertragung mit einer Möglichkeit für Bit-Fehler, Übertragungswiederholungen und langsamerer Netzwerk-Performance. Mode Conversion kann in industriellen Ethernet- und Rechenzentrum-Anwendungen besonders problematisch werden, in denen die Umgebung geräuschvoll und die Latenzzeit kritisch.

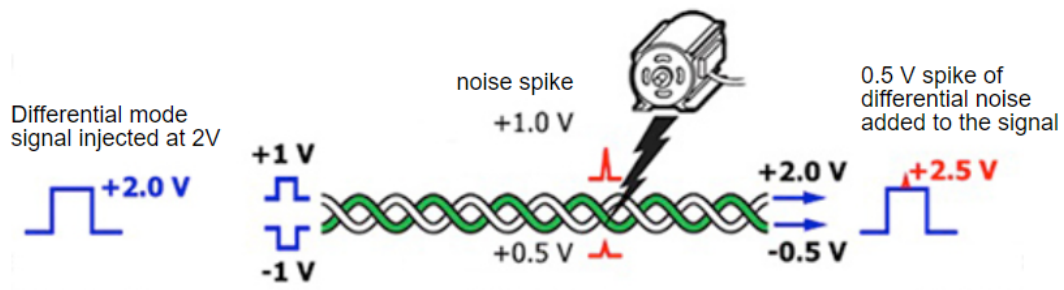
Symmetrie wird durch den Gesamtaufbau des Kabels und präzise Herstellung erzielt, die zu festeren, beständigeren Kabelverdrillungen mit gleicher Größe und Abständen der Leiter führt. Ein symmetrisches Kabel bietet bessere Störsicherheit dadurch an, dass die verursachten Gleichtaktgeräusche auf dem symmetrischen Paar als gleiche oder nahezu gleiche Spannung erscheinen und daher ausgeblendet werden.

Abbildung 1 unten zeigt den Unterschied zwischen einem Link mit guter Symmetrie und einem Link mit schlechter Symmetrie. Im Link mit guter Symmetrie wird der eingeleitete Modus als gleich angesehen und das Differenzialmodus-Signal bleibt auf der gleichen Spannung am anderen Ende des Links. Im Link mit schlechter Symmetrie wird der eingeleitete Modus von beiden Leitern nicht als gleich angesehen, was zu einer ungleichen Differenzialmodus-Spannung am fernen Ende führt.





Link mit guter Symmetrie

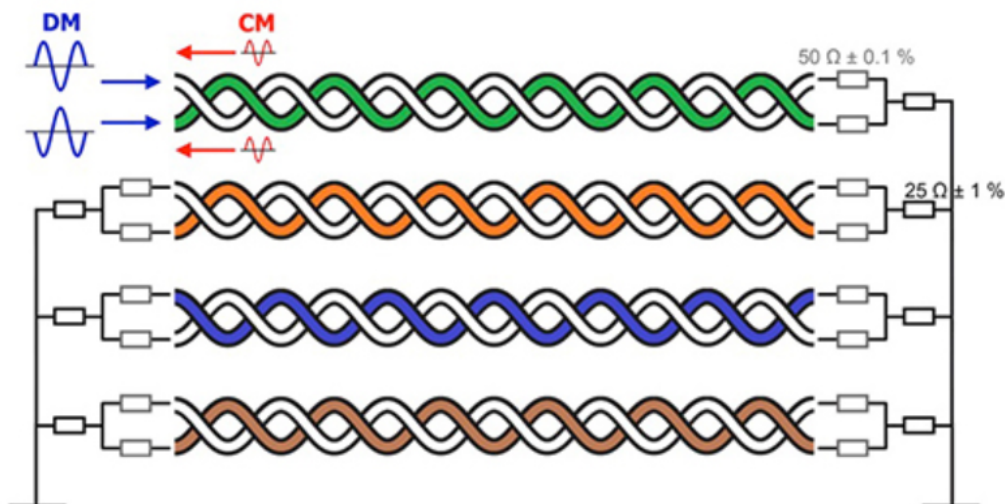


Link mit schlechter Symmetrie

Abbildung 1 unten zeigt den Unterschied zwischen einem Link mit guter Symmetrie und einem Link mit schlechter Symmetrie. Im Link mit guter Symmetrie wird der eingeleitete Modus als gleich angesehen und das Differentialmodus-Signal bleibt auf der gleichen Spannung am anderen Ende des Links. Im Link mit schlechter Symmetrie wird der eingeleitete Modus von beiden Leitern nicht als gleich angesehen, was zu einer ungleichen Differentialmodus-Spannung am fernen Ende führt.

TCL- und ELTCL-Mode Conversion-Parameter

ANSI/TIA-568-C.2, ANSI/TIA-1005 und ISO-/IEC11801:2010 umfasst zwei Modus-Umwandlungsparameter, die Symmetrie enthalten: TCL und TCTL. Transverse Conversion Loss (TCL) ist innerhalb eines Paares am gleichen Ende gemessene Mode Conversion. Wie in Abbildung 2 gezeigt, wird die Messung durchgeführt, indem man ein Differentialmodussignal (DM) in ein Twisted Pair einführt und dann das auf diesem gleichen Twisted Pair zurückgeführte Gleichtaktsignal (CM) misst. Je kleiner das zurückgeführte CM-Signal, desto besser die Symmetrie. TCL scheint einem Rückflusssdämpfungswert ähnlich, mit der Ausnahme, dass Rückflusssdämpfung das zurückgesendete Differentialsignal an Stelle des zurückgesendeten Gleichtaktsignals misst.

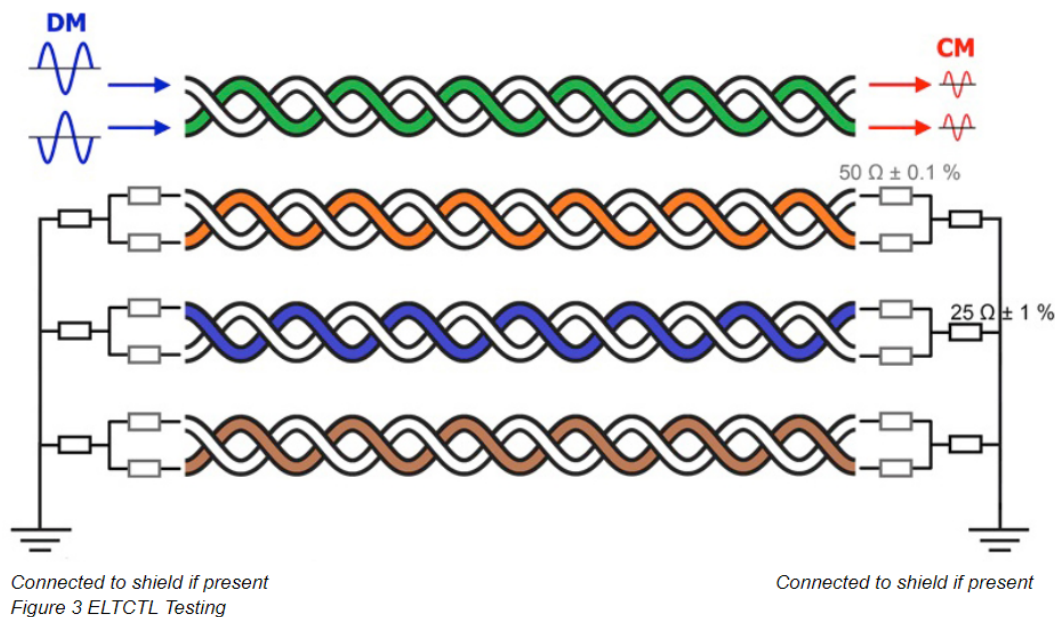



Connected to shield if present
Figure 2 TCL Testing


Connected to shield if present

Transverse Conversion Transfer Loss (TCTL) ist innerhalb eines Paares am anderen Ende gemessene Mode Conversion. Wie in Abbildung 3 gezeigt, wird die Messung durchgeführt, indem man ein Differenzialmodus-Signal (DM) in ein Twisted Pair einführt und dann das auf diesem gleichen Twisted Pair Gleichtaktsignal (CM) am anderen Ende misst. Da die Stärke des Gleichtaktsignals längenabhängig ist, muss eine Gleichung angewendet werden, die die Einfügungsdämpfung berücksichtigt. Deshalb ist der aussagefähigere Wert Equal Level TCTL (ELTCTL). TCL ähnlich: Je kleiner das Gleichtaktsignal am fernen Ende, desto besser die Symmetrie.

So wie TCL einem Rückflussdämpfungsmesswert ähnelt, ist ELTCTL einem Einfügungsdämpfungsmesswert ähnlich. Jedoch misst die Einfügungsdämpfung das Differenzialmodus-Signal am entfernten Ende, während ELTCTL das Gleichtaktsignal am entfernten Ende misst (TCTL) und dann die Gleichung basierend auf der Einfügungsdämpfung anwendet, um den ELTCTL-Messwert zu erhalten.



Während TCL- und ELTCTL-Parameter ausgezeichnete Anzeichen für die Symmetrie eines Twisted Pair-Kabels sind, ist keiner derzeit eine vorgeschriebener Vor-Ort-Prüfung unter ANTI/TIA-568.C.2-Standards. Der Grund dafür ist, dass die meisten Feldtestgeräte bisher nur Messungen im Differenzial-Modus vornehmen konnten. TCL- und ELTCTL-Prüfungen wurden deshalb von den Herstellern auf Laborumgebungen beschränkt, die zur Einhaltung der TIA- und ISO-/IEC-Industrie-Leistungsstandards gute Paarsymmetrie-Eigenschaften sicherstellen müssen.

Aber seien wir ehrlich: nicht alle Kabel sind gleich und in Design- und Herstellungskonsistenz gibt es viel Variabilität. Außerdem ist Symmetrie etwas, was die Hersteller gewöhnlich nur durch ausgängliche Qualitätsprüfungen ihrer Produkte und nicht unbedingt während des alltäglichen Herstellungsverfahrens prüfen, wo Unregelmäßigkeiten eingeführt werden können.

Da TCL und ELTCTL wichtige Messwerte sind, die eine Mindestleistung für Symmetrie und deshalb Störsicherheit definieren, besteht ein wachsendes Interesse an diesen Parametern unter Netzworkeinhabern/-betreibern. Anstatt nur auf Herstelleransprüche zu vertrauen, kann die Symmetrie jetzt mit dem DSX CableAnalyzer vor Ort überprüft werden (siehe Sidebar-Text). Der DSX ist das erste Feldtestgerät, das sowohl Differenzial-Modus- als auch Gleichtaktmessungen vornehmen kann, um die Symmetrieprüfung über TCL und ELTCTL zu unterstützen.

Ein ausgewogenes Verhältnis mit ANEXT

Bei der höheren Frequenz von 500 MHz, die zur Unterstützung von 10 Gbit/s-Datenraten wie mit 10GBASE-T, AXT erforderlich ist, wird die unerwünschte Geräuschkoppelung zwischen benachbarten Kabeln zum Beschränkungsfaktor in der Übertragungsqualität. Deshalb sind Kabel der Kategorie 6A mit höherer

Leistung, die zur Unterstützung von 10 Gbit/s erforderlich sind, mit besserer Paar/Paar-Symmetrie konzipiert, um verbesserte Störsicherheit gegenüber Kabeln der unteren Kategorie bereit zu stellen.

Im Labor prüfen Kabelhersteller auf AXT, indem sie eine Sechs-um-eins-Kabelkonfiguration verwenden, was die schlechtestmögliche Situation für ein Kabel darstellt, das von sechs Störkabeln umgeben ist. Während dies ziemlich unkompliziert ist, ist das Testen vor Ort für AXT ein viel komplexerer Prozess. Statt jedes Kabel innerhalb eines Bündels zu prüfen, was extrem zeitraubend wäre, bezieht die praktische Feldzertifizierung nur einen Prozentsatz der Gesamtanzahl von Links ein, gewöhnlich 1% oder fünf Links in den Test ein. Es wird auch empfohlen, die längsten und kürzesten Links in einem Bündel zu prüfen, da diese dazu neigen, die höchsten AXT-Werte aufzuweisen. Trotz des Stichprobenverfahrens wird das AXT-Testen selten vor Ort durchgeführt und häufig vom Hersteller nicht für die Zertifizierung vorgeschrieben.

Während nur Wenige Geschwindigkeiten von 10 Gbit/s außerhalb der Rechenzentrumumgebung implementiert haben, wird erwartet, dass 10GBASE-T in den kommenden Jahren einen Weg in die Unternehmen finden wird. Es wird deshalb immer wichtiger, die AXT-Leistung sicherzustellen. Jedoch sind die Arbeitskosten, die mit dem Vor-Ort-Testen auf AXT verbunden sind, noch ein Grund zur Sorge, besonders für große Installationen mit Tausenden Links. Weil viele der bereits installierten Kabel der Kategorie 6A nicht ursprünglich auf AXT geprüft und zertifiziert wurden, kann man nicht wirklich wissen, ob die vorhandene Verkabelung die AXT-Leistung zum Unterstützen von 10GBASE-T aufweist.

Glücklicherweise ist die Symmetrie, die über Testen auf TCL und ELTCTL bestimmt wird, ein ausgezeichneter Indikator, ob ein Kabel ausreichende AXT-Leistung liefert, um 10GBASE-T zu unterstützen. Die Prüfung auf TCL und ELTCTL ist ein viel einfacher testbarer Parameter als AXT, da der Test neben Standard-Feldprüfungen für andere vorgeschriebene In-Kanal-Leistungsparameter (d.h., NEXT, PSNEXT, Einfügungsdämpfung, Rückflusssdämpfung) durchgeführt werden kann. Tatsächlich erkennt TIA die starke Wechselbeziehung zwischen Symmetrie und Rauschen mit TSB-1197 an, das die Interaktion zwischen Symmetrie und Mode Conversion-Parametern innerhalb eines Kanals und Fremdnebensprechen zwischen Kanälen erklärt.

Fazit

Niemand kann die Tatsache bestreiten, dass Störsicherheit und daher gute AXT-Leistung ohne gute Symmetrie erzielt werden kann. Bei so vielen vorhandenen Kategorie 6A-Systemen, die nie auf Fremdnebensprechen geprüft wurden, und da wenige Hersteller AXT-Prüfung verlangen, ist es nicht möglich, zu wissen, ob diese installierten Kabel eine ausreichende Symmetrieleistung haben, um 10GBASE-T zu unterstützen. Die Prüfung auf TCL und ELTCTL bietet deshalb bedeutende Vorteile für Installateure und Endanwender.

Es bleibt abzuwarten, ob der TCL-Parameter im Endeffekt von der Norm vorgeschrieben wird. Obwohl es derzeit keine Anforderung für die Compliance mit ANSI/TIA-56-C.2 ist, macht es die Fähigkeit, mit dem DSX CableAnalyzer auf TCL und ELTCTL zu testen möglich, Symmetrie und Support für höhere Geschwindigkeits-Anwendungen wie 10GBASE-T bereits jetzt durch regelmäßiges Feldtesten zu überprüfen. Das ist eine der einfachsten, effektivsten Methoden, zu garantieren, dass Ihre Netzwerk-Performance nicht in der Schwebe hängt.

Wie gestaltet sich Symmetrie auf abgeschirmten Kabeln?

Während LAN-Kabel überwiegend ungeschirmt sind, werden abgeschirmte Kabel häufig als Mittel zur Sicherung von Störsicherheit in vielen Umgebungen verwendet und sollen bessere Leistungen für Hochgeschwindigkeitsanwendungen ermöglichen. So mancher argumentiert, dass Fremdnebensprechen kein Problem bei abgeschirmten Kabeln darstellt. Jedoch muss die Abschirmung den gesamten Kanal entlang kontinuierlich bleiben, um eine gute Fremdnebensprechen-Leistung für Hochgeschwindigkeits-Anwendungen sicherzustellen. Symmetrie auf abgeschirmten Kabeln ist im Allgemeinen weniger kontrolliert als auf ungeschirmten Kabeln, da die Einführung des Schirms die Kopplung von externen Rauschquellen zu den Signalkanälen im Kabel verringern kann. Während TCL- und ELTCTL-Parameter bei abgeschirmten Kabeln an Bedeutung verlieren, ist die Integrität der Abschirmung selbst für die Leistung der abgeschirmten Verkabelung kritisch.

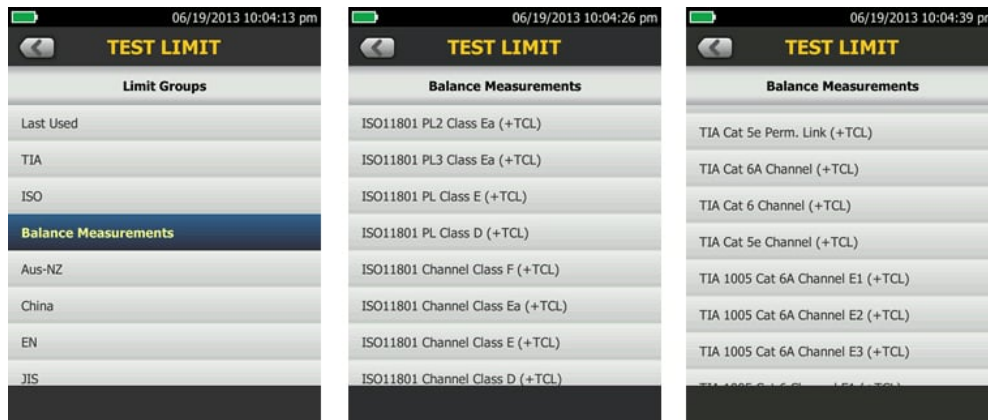
Eine ausgezeichnete Methode zur Gewährleistung von Schirmintegrität ist, die Schirmintegritätsoption auf dem DSX CableAnalyzer zu verwenden. Die Schirmdurchgängigkeit wurde bisher als Messwert der direkten Strommessung ohne Abstand zu Störungen eingesetzt. In der Rechenzentrumumgebung, wo beide Enden des Kabels sich in Racks befinden, die am Gebäude geerdet und folglich eine gemeinsame Erdung haben, wird eine DC-Messung zeigen, dass der Schirm angeschlossen ist, selbst wenn das nicht der Fall ist. Der DSX CableAnalyzer ist der erste Feldtester zur Messung von Problemen bei der Kabelschirmung, bei der die patentierte Wechselstrommesstechnik zum Einsatz kommt, die eine Unterbrechung im Schirm anzeigt, ungeachtet der gemeinsamen Erde, und den genauen Punkt der Unterbrechung anzeigt.

Die Prüfung auf TCL und ELTCTL ist schnell und einfach mit DSX

Bisher sind TCL und ELTCTL keine Anforderung für Vor-Ort-Tests, weil vor dem DSX CableAnalyzer keine Vor-Ort-Testgeräte einen TCL-Feldversuch durchführen konnten. Während der Parameter möglicherweise einmal von den Industriestandards in den Feldversuchen vorgeschrieben wird und andere

Anbieter von Testgeräten auch einmal Vor-Ort-Testen von TCL anbieten werden, sind die meisten Feldtestgeräte auf dem Markt normalerweise nur zum Messen des Differenzial-Modus fähig. Der DSX CableAnalyzer ist das erste Feldtestgerät, das sowohl Differenzial-Modus- als auch Gleichtaktmessungen und daher auch TCL- und ELTCTL-Messungen vornehmen kann.

TCL und ELTCTL können einfach zu den Standardkategorie 5e, 6, 6A oder Klasse D, E oder EA-Tests hinzugefügt werden, indem die Testgrenze unter dem Ordner in DSX genannt Balance Measurements gewählt wird und die Testgrenze mit einem Suffix von (+ TCL) wie unten gezeigt gewählt wird:



Das Suffix (+TCL) verweist auf einen Standard-ANSI-/TIA- oder ISO-/IEC-Test mit dem Zusatz von TCL- und ELTCTL- Messungen. ANSI/TIA-568-C.2 und ISO/IEC 11801:2010 stellen zur Zeit nur Testgrenzwerte für Kanalmessungen zur Verfügung. Wenn Sie einen permanenten Link-Grenzwert wählen, werden die TCL- und ELTCTL-Messungen durchgeführt, aber es werden keine PASS-/FAIL Kriterien angewendet. Die Industrial Ethernet-Standards TIA 1005 mit den verschiedenen E1-, E2- und E3 Umgebungs-TCL- und ELTCTL-Grenzwerten werden ebenfalls vorgegeben. Die Prüfung auf TCL und ELTCTL fügt nur ungefähr 6,6 Sekunden zur typischen DSX AUTOTEST-Zeit hinzu - eine sehr kurze Zeit verglichen mit dem AXT-Testen und Zeit, die gut auf das Überprüfen der Symmetrie anzuwenden ist.

Über Fluke Networks

Fluke Networks ist ein weltweit führender Anbieter von Tools zur Zertifizierung, Fehlersuche und Installation für Experten, die wichtige Netzwerkverkabelungsinfrastrukturen installieren und warten. Von der Installation der fortschrittlichsten Rechenzentren bis hin zur Wiederherstellung von Diensten bei schlechten Wetterbedingungen – unsere Kombination aus unschlagbarer Verlässlichkeit und unvergleichlicher Leistung stellt sicher, dass Aufträge effizient erledigt werden können. Zu den Top-Produkten des Unternehmens zählt das innovative LinkWare™ Live, die weltweit führende, Cloud-verbundene Lösung für Kabelzertifizierung mit bisher über vierzehn Millionen hochgeladenen Messergebnissen.

+ 1-800-283-5853 (US & Canada)

1-425-446-5500 (International)

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 9. Oktober 2023 6:49 PM

Literature ID: 6004005B

© Fluke Networks 2018