

# NanoVNA és a TDR funkció használata az ismeretlen kábel impedanciája és elektromos hossza méréshez

Vettem egy házat, amelyen audio kábelek futottak át a házon a televízió területtől a hangszekrényig a szoba másik oldalán a TV helyétől. A kábeleket a ház falaiba már jóval azelőtt bekerültem, mielőtt a helyszínre léptem, valószínűleg a ház építése során, körülbelül 18 évvel ezelőtt. Meg akartam határozni a kábelek impedanciáját, és hogy vannak-e komoly problémák a kábelekkel a ház teljes falán lévő kábel teljes hosszában. Mivel nem akartam belemászni a lapkába, hogy fizikailag megtekinthessem a kábeleket, nem invazív megközelítést alkalmaztam, amely az idő-tartomány reflexiómérésén (TDR) alapult. Ez a dokumens az impedancia, a konzisztencia és az elektromos hossz meghatározásának módját szemlélteti. nanoVNA és Time-Domain Reflectometry segítségével az ismeretlen kábelek közül. Az egyetlen szoftver, amelyet a nanoVNA-n kívül használtam, az alex\_m volt a nanoVNA MOD v3, amelyet a nanoVNA-n lévő képernyő képernyőképeinek rögzítésére használtak. Maga a nanoVNA firmware-je a 0.4.4-e679893 verzió, 2019. november 26. - 17:34:01. A mérés végrehajtásának lépéseit az alábbiakban ismertetjük.

## 1. lépés

A nanoVNA-t 50 kHz-től 900 MHz-ig terjedő tartományban kalibráltam a tipikus nyitott rövid terheléses módszerrel. Ezt a kalibrációt a 0 memóriában tároltuk. Valahányszor a nanoVNA bekapcsolja, betölti ezt a kalibrációt.

## 2. lépés

Mivel tudtam, hogy a kábelek hossza valószínűleg kevesebb, mint 100 láb (30,4 m). A nanoVNA leállítási frekvenciáját 130 MHz-re változtattam, ami a nanoVNA-ban megfigyelhető maximális hosszat kb. 31,5 m adja. A leállási frekvencia kisebb értékei másodpercek alatt növelik a kábel elektromos hosszát, amelyet a nanoVNA natív módon megfigyelhet. Ennek a korlátozásnak egy jelentős része az a tény, hogy a nanoVNA 101 pontra korlátozódik mind a frekvenciatartományban, mind a frekvenciatartomány-adatok időbeli átalakításában.

## 3. lépés

Meggyőződtem arról, hogy a hangszekrény kábelének túlsó végét leválasztották-e, hogy a hangszekrényben lévő berendezéseket ne károsítsák a nanoVNA jelei. Megfelelő adaptereken keresztül csatlakoztattam a nanoVNA 0. portját az ismeretlen kábelhez. Átváltások történtek az SMA-ról a BNC-re, majd egy 6 láb hosszú RG58 kábelrel (erről bővebben később beszélünk), majd egy BNC-ről RCA adapterre, végül pedig a TV mögötti fal RCA csatlakozójára.

## 4. lépés

A nanoVNA TRANSFORM módot bekapcsoltam és az üzemmódot LOW PASS STEP-re állítottam. Egy durva mérést végeztem a kábel túlsó végéig annak megfigyelésével, hogy a visszatérés-veszteség adatok lépcsőtranszformációja mekkora impedanciát kapott. Az összes kábel hosszát jóval kevesebb, mint 200 nanoszekundum, kb. 160 ns mértem. A mérések nem lesznek nagyon pontosak ezzel a beállítással, mert a leállítás frekvenciáját 900 MHz-ről 130 MHz-re változtatták a 3. lépésben újralibrálás nélkül.

## 5. lépés

Ezután a nanoVNA-t 50 kHz és 200 MHz közötti frekvenciatartományban kalibrálták BNC nyitott, BNC rövid és BNC terhelés segítségével. Ez a frekvenciaválasztás ad nekem a legtöbb részletet, amelyet a nanoVNA natív TDR-képességeivel kaphatok, miközben a tesztelt kábel teljes hosszát képes vagyok megtekinteni.

## NanoVNA és a TDR funkció használata az ismeretlen kábel impedanciája és elektromos hossza méréshez

A kalibrálást kikapcsolt TRANSFORM üzemmódban kell végrehajtani. Ez az újrakalibrálás pontosabb impedancia mérést tesz lehetővé, mivel a nanoVNA minden használt RF frekvencián kalibrálva van. A kalibrálási lépések végén ezt a kalibrálást a 3. memóriában tároltam. Az üzemmódot ezután TRANSFORM üzemmódra kapcsoltam, és ismét megbizonyosodtam arról, hogy a TDR elemzés módjára a LOW PASS STEP értéket állítottam be. Az összes nyomot letiltottam, kivéve a sárga és a zöld nyomokat, amelyek általában a visszatérési veszteség log nagyságrendje, illetve az impedancia Smith diagram ábrája. Ekkor újra mentettem a konfigurációt a 3. memóriába. A 3. memória betöltésekor a nanoVNA állapota helyreáll a kalibrációval együtt. Ez lehetővé teszi, hogy a 3. memória visszahívásával gyorsan visszatérhessen a nanoVNA megfelelő állapotához és a megfelelő kalibráláshoz.

### 6. lépés

A nanoVNA kalibrálását egy 50 ohmos terheléssel ellenőriztük a BNC adapterhez. A kapott nyomot az 1. ábra mutatja. Ehhez a diagramhoz módosítottam az alapértelmezett memóriát a 3. memóriában, hogy a sárga nyomot a TDR mérés ellenállásaként mutassam, és az osztásonkénti skálát 50 ohmra állítottam.

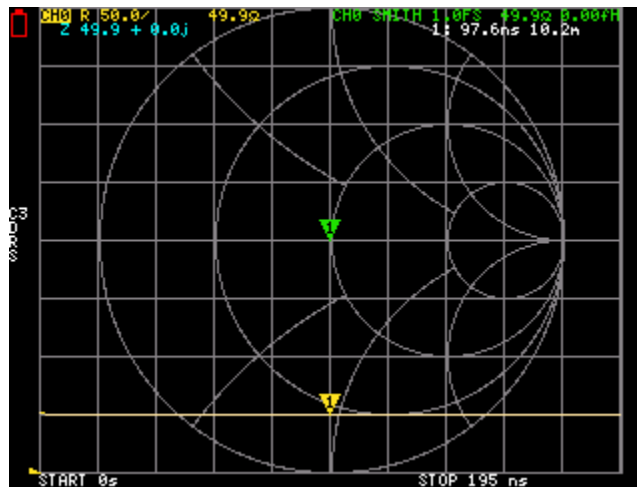


Figure 1. TDR for 50 ohm load.

Számos dolog figyelhető meg ezen az ábrán. Először is, a rendelkezésre álló maximális kábelhossz 195 ns, ami a becsült 160 ns-es kábelhosszhoz elegendő. Másodszer láthatjuk, hogy az 50 ohmos terhelés impedanciája állandó 0 és 195 ns között. A Smith diagram impedanciája 97,6 ns-nél, az „1” jelző 49,9 ohmot mutat, ami nagyon közel áll az ideálhoz, amire az ember számíthat egy jó kalibrálás után.

### 7. lépés

A BNC csatlakozókkal ellátott 6 láb hosszú RG58 kábelt ezután a VNA CHO-jához rögzítettük, a VNA korábban mentett konfigurációjának felhasználásával. A VNA-tól távol eső véget nem szüntették meg. Az eredményül kapott TDR-diagramot a 2. ábra mutatja. Az ismeretlen kábel és a VNA összekapcsolásának ismert impedanciájú kábellel az a célja, hogy segítséget nyújtson az ismeretlen kábel méréseinek értelmezésében. Az RG58 kábel mérésének gyakorlati felhasználását a következő lépésben láthatja.

## NanoVNA és a TDR funkció használata az ismeretlen kábel impedanciája és elektromos hossza méréshez

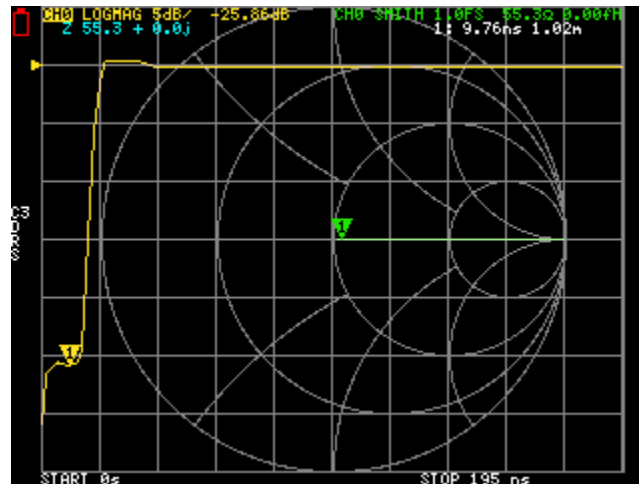


Figure 2. TDR of 6 ft RG58 cable.

Ha a marker értéke 9,76 ns, akkor azt látjuk, hogy az impedancia becslése szerint körülbelül 55,3 ohm, a visszatérési veszteség -25,86 dB. Később az impedancia élesen megnő egy sokkal nagyobb értékre, amely 0 dB közeli visszatérési veszteségként jelenik meg, amikor a lépés válasza eléri a kábel végéhez társított időt. Ismételten ez az elvárás az RG58 kábel meg nem szűrt hosszúságához, és becslést ad az RG 58 kábel impedanciájáról és elektromos hosszáról. Vegye figyelembe, hogy a visszatérési veszteség az RG58 kábelhossz mentén sík.

### 8. lépés

A 6 láb RG58 kábel távoli végét ezután a TV mögötti fali lemez RCA csatlakozójához erősítették, hogy megnézzék a ház falaiba rejtett ismeretlen kábel impedanciáját és hosszát. Az így kapott adatokat a 3. ábra mutatja.

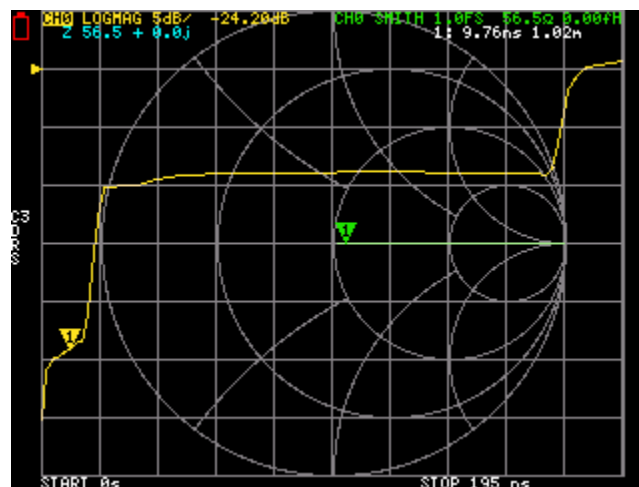


Figure 3. TDR plot with 6 ft cable and unknown cable attached to the nanoVNA.

A diagram ezen a grafikonon ismét 9,76 ns-re van állítva, amely az impedanciát mutatja az RG58 kábel közepe közelében. Az impedancia ezúttal körülbelül 56,5 ohmot mér, ami nagyon hasonlít a kábel előző mérésére. Az a tény, hogy az impedancia közel azonos, elég jó bizalmat nyújt az ismeretlen kábel mért impedanciájában, amint azt a fenti 3. és az alábbi 4. ábra mutatja.

## NanoVNA és a TDR funkció használata az ismeretlen kábel impedanciája és elektromos hossza méréshez

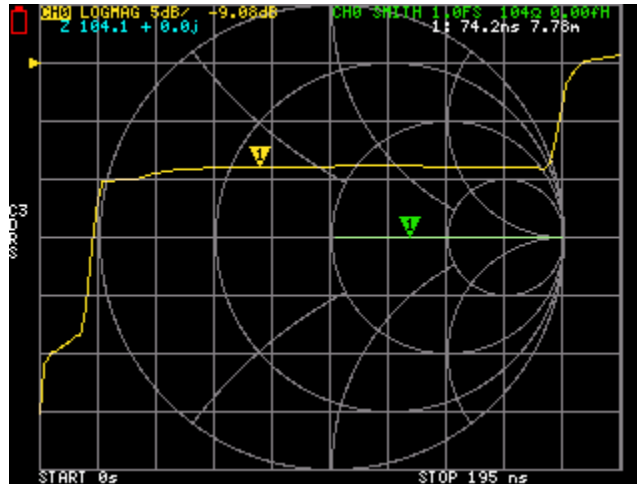


Figure 4. TDR plot of 6 ft RG58 cable and unknown cable with marker set to 74.2 ns.

A 4. ábra a markert mutatja 74,2 ns-nál. Ebben az időpontban a Smith Chart-on látható impedancia (zöld diagram) és a türkiz impedancia mérése körülbelül 104 ohm. Az ismeretlen kábel visszatérési vesztesége körülbelül -9 dB. Látunk egy kis változást a visszatérési veszteségben és az impedanciában az ismeretlen kábel mentén; a változások azonban meglehetősen csekélyek. Az 5. ábra a maximális impedancia becslését mutatja, amely 107 ohm körül van 117 ns-nél a VNA referencia-helyétől. Kicsit jobb visszatérési veszteség mutatkozik körülbelül 20 ns (a második függőleges rács függőleges vonala) és 40 ns (a harmadik rács függőleges vonala) között, mivel a kábel impedanciája körülbelül 95 ohm a kábel ezen szakaszában.

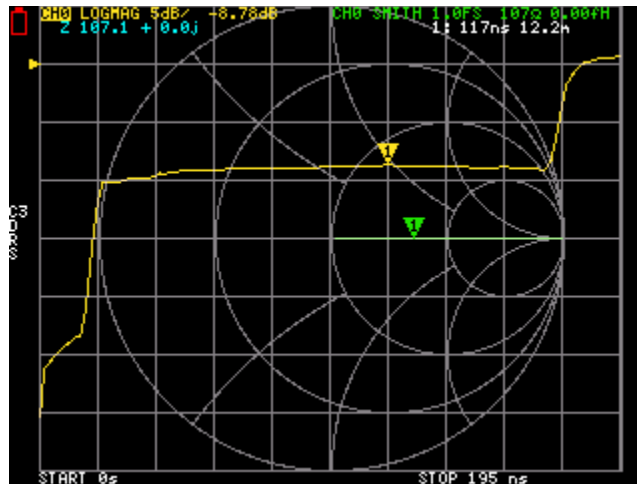


Figure 5. TDR of 6 ft RG58 cable and unknown cable with marker set to 117 ns.

Az ismeretlen kábel hosszának meglehetősen pontos mérését kaphatjuk meg, ha összehasonlítjuk a kábel kezdetén az impedancia átmenet kezdetének idejét (a 6. ábra 13,6 ns-t mutat) a kábel végén lévő impedancia átmenet idejével (A 7. ábra 171 ns-t mutat.) A különbség 157,4 ns. Mivel nem tudom a kábel sebességtényezőjét, ezért a méterben megadott távolságbecslés pontatlan az összes TDR kijelzőn, kivéve magát az RG58-at.

## NanoVNA és a TDR funkció használata az ismeretlen kábel impedanciája és elektromos hossza méréshez

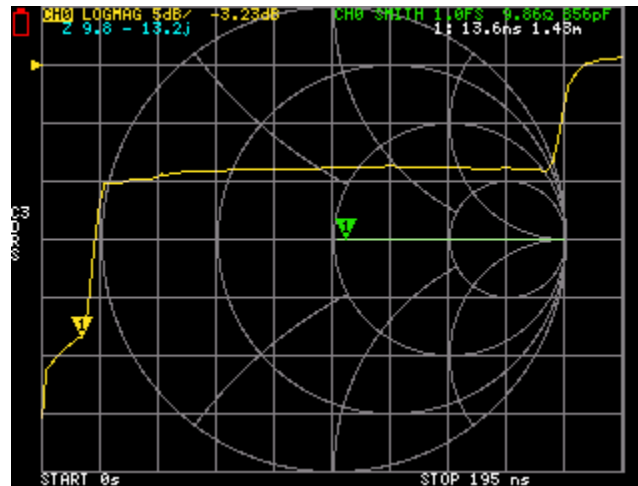


Figure 6. TDR showing time at start of unknown cable (13.6 ns.)

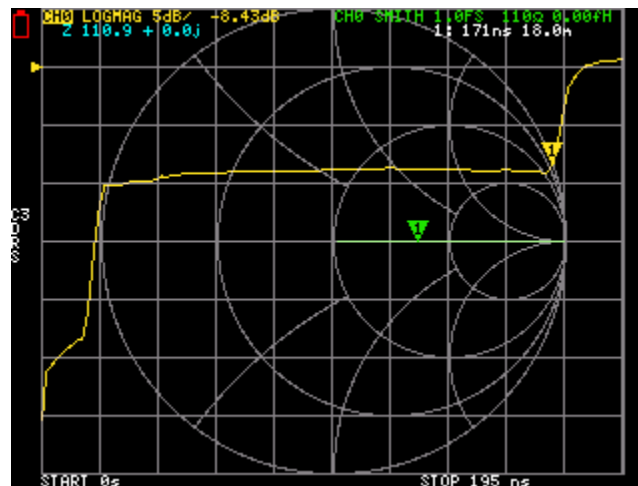


Figure 7. TDR showing time at end of unknown cable (171 ns.)

### Összefoglalás

Összefoglalva: az ismeretlen kábel impedanciája kb. 157 ns hossza mentén 95 és 107 ohm között van. Azon tény alapján, hogy a kábel mentén nincsenek vad zavarok az impedanciában, meglehetősen biztosak lehetünk abban, hogy a kábelben nincsenek vicces toldások. A fizikai hossz még nem ismert, mert nem ismerjük a kábel megfelelő sebességi tényezőjét, de amúgy semmi szükségem a fizikai hosszúságra.

Remélem, hogy ez az írásos anyag segít megérteni az ismeretlen kábelek TDR-mérésének értékét. Azt hiszem, ez sokkal jobb megközelítés, mint a házam falaiba szakadni, hogy ellenőrizsem ezeket a kábeleket.

fordítás google segítségével. HA3HZ :-)