

PROPAGACIÓ D'IMPULSOS EN UN CABLE COAXIAL.

1. Introducció

Com a conseqüència de la naturalesa ondulatoria de la propagació de senyals electromagnètics en una línia de transmissió, es pot observar un fenomen de reflexió quan un impuls elèctric, de curta durada, s'aplica a l'entrada d'una línia de transmissió (cable coaxial, d'impedància característica Z_C), al final de la qual s'ha connectat una impedància, Z , que en general és diferent de Z_C . Podem distingir tres casos particulars notables (figura 1):

- Si el cable acaba en un circuit obert ($Z = \infty$), la pertorbació elèctrica es reflecteix sense canvi de fase (impuls reflectit de la mateixa polaritat que l'inicial).
- Si el cable acaba en curtcircuit ($Z = 0$), hi ha inversió de fase (impuls reflectit de polaritat oposada).
- Si $Z = Z_C$, no hi ha reflexió. Tota l'energia de l'impuls es dissipa a la impedància terminal.

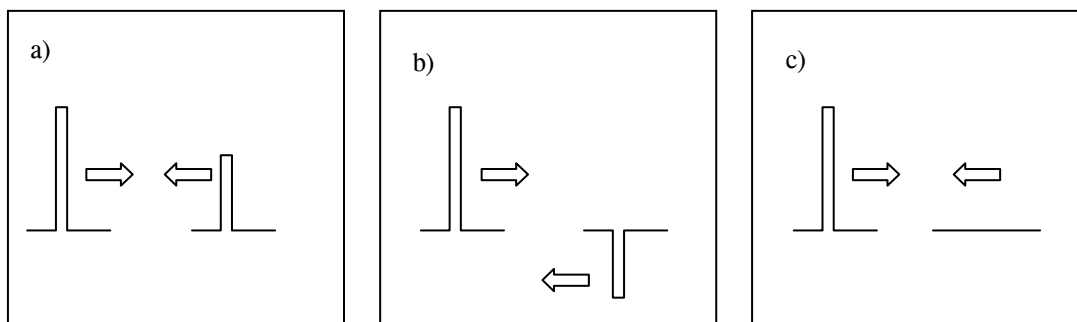


Figura 1

2. Muntatge experimental

- Es disposa d'un cable coaxial de longitud $L = 28,7$ m i d'impedància característica $Z_C = 75 \Omega$. Figura 2.
- Un commutador, al final del cable, permet de curtcircuitar-lo, deixar-lo en circuit obert, o bé connectar-lo a una resistència variable (figura 3).
- A l'entrada del cable connectem una font (a la sortida *Output+* d'aquest) que subministra els impulsos elèctrics. Figura 4.
- Un oscil·loscopi enregistra els pulsos (tant l'aplicat com el reflectit). Figura 5.
- Càrrega adaptada (75Ω) en paral·lel a l'entrada de l'oscil·loscopi (figura 5). Aquesta càrrega s'utilitza per a evitar reflexions a l'entrada de l'oscil·loscopi (impedància d'entrada $\sim 1M\Omega$)

La sincronització de l'oscil·loscopi amb el generador de polsos es fa connectant la sortida *Trigger output* del generador al segon canal de l'oscil·loscopi, i fent que aquest l'utilitzi com a disparador (*trigger*). Feta d'aquesta manera, la sincronització no queda modificada tot i que es modifiquin l'amplitud o la durada dels impulsos de sortida *Output+*.

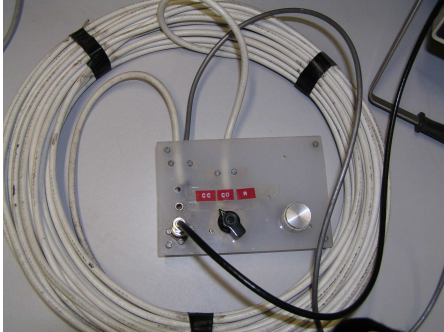


Figura 2

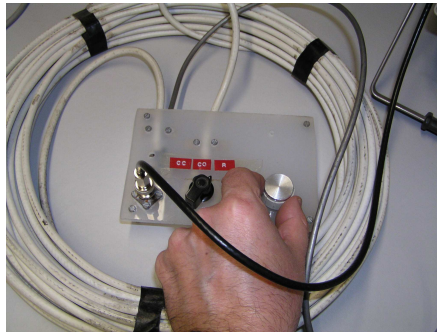


Figura 3



Figura 4

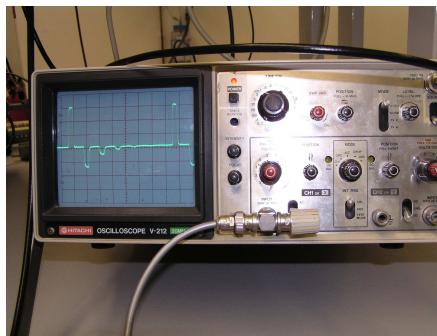


Figura 5

3. Mesura del senyal

Inicialització del generador d'impulsos (figura 4):

- 3.1. Control del període dels impulsos (*Pulse Period i Vernier*): permet ajustar l'interval de temps entre dos impulsos generats:
 - Podeu escollir una posició entre 20 ns i 1 μ s
 - Regulació entre dos punts: es recomana posar *Vernier* tot a la dreta.
- 3.2. Control de la durada de l'impuls (*Pulse Width*):
 - Podeu escollir una posició entre 10 ns i 1 μ s
 - Regulació entre dos punts: es recomana posar *Vernier* tot a l'esquerra.
- 3.3. Control de sortida (*Output (+): Amplitude*): permet ajustar l'amplitud de l'impuls:
 - Podeu escollir una posició entre 2,0 i 5,0 V
 - Regulació entre dos punts: es recomana posar *Vernier* tot a la dreta
 - Regulació del offset (posició del zero): es recomana escollir *Offset: Off*.
- 3.4. Control del retard (*Pulse Delay*): introdueix un retard variable entre els impulsos de sincronisme i els de sortida. Es pot utilitzar per a centrar el senyal en la pantalla de l'oscil·loscopi.

Oscil·loscopi i impedància de càrrega:

- 3.5. Per tal d'analitzar el comportament dels pulsos dins del cable coaxial, cal que connecteu l'oscil·loscopi i el generador d'impulsos a l'entrada del cable coaxial en estudi (figures 2 i 3).

Mesures de l'amplitud relativa:

Cas a)

- 3.6. Si seleccioneu la posició *C. O.* en el commutador d'impedàncies del final del cable coaxial, estareu en el cas *a*) impedància de càrrega en circuit obert.
- 3.7. Per tal de visualitzar el senyal, convé que ajusteu la base de temps de l'oscil·loscopi a la posició més ràpida. Podreu observar els impulsos del generador i la influència dels seus controls.
- 3.8. Podreu comprovar que amb el control *Pulse Delay* del generador, podeu desplaçar horitzontalment la imatge, sense que variï la posició dels impulsos de sincronisme de l'altre canal.
- 3.9. També podreu observar que l'impuls reflectit apareix amb el mateix signe que l'impuls incident (figura 6).
- 3.10. Si mesureu les amplituds de l'impuls incident i del reflectit (figura 1a), podreu determinar l'amplitud relativa de l'impuls reflectit respecte a l'impuls incident.

Cas b)

- 3.11. Si seleccioneu el commutador a *C. C* en el commutador d'impedàncies, estareu en el cas *b*) impedància de càrrega nul·la (curt-circuit)
- 3.12. L'oscil·loscopi mostrarà una inversió del signe de l'impuls reflectit (figura 7), respecte al cas *C.O.*
- 3.13. Ara podreu calcular l'amplitud relativa com en l'apartat 3.10.

Cas c)

- 3.14. Passeu el commutador a *R*. Cas c), resistència de càrrega variable.
- 3.15. Si ajusteu la resistència final del cable coaxial podreu observar que l'impuls reflectit pot ser del mateix signe que l'impuls incident (quan $R > Z_C$), o bé de signe contrari (quan $R < Z_C$).
- 3.16. Observeu, tanmateix, que la variació de *R* provoca una variació en l'amplitud de l'impuls reflectit. En el cas particular que $R = Z_C$, l'amplitud reflectida és nul·la.

Mesures de l'atenuació:

- 3.17. Amb el commutador un altre cop a *C. C.*, i si augmenteu la durada de l'impuls (*Pulse Width*) fins que es vegi clarament la part plana que segueix la petita oscil·lació inicial, podreu determinar les amplituds (d'aquesta part plana) de l'impuls inicial i del reflectit.
- 3.18. Calculeu l'atenuació del cable, en dB/m.

Mesura de la velocitat de propagació de l'impuls:

- 3.19. Si mesureu el temps entre el començament de l'impuls inicial i el del reflectit podreu determinar la velocitat de propagació dels pulsos dins del cable coaxial.
- 3.20. Per tal de mesurar amb més precisió, es recomana que estireu el botó *Mag* $\times 10$ de l'oscil·loscopi. D'aquesta forma, la velocitat de la base de temps quedarà multiplicada per 10.
- 3.21. Ara, amb el *Pulse Delay* podreu desplaçar la imatge i visualitzar millor els impulsos. També amb el control *Time/Div*, podreu aconseguir que els dos impulsos inicial i reflectit càpiguen a la pantalla.
- 3.22. Determineu la velocitat de propagació dels impulsos: $v = 2 L/t$
- 3.23. Calculeu el factor de velocitat del cable: v/c .
- 3.24. Calculeu el valor de la constant dielèctrica del material que separa els dos conductors del cable.
- 3.25. Si augmenteu la durada de l'impuls fins que se sobreposi a l'impuls reflectit, podreu observar i interpretar les imatges obtingudes amb el cable en curt-circuit i en circuit obert.
- 3.26. Es podria mesurar la velocitat de propagació amb aquestes imatges?

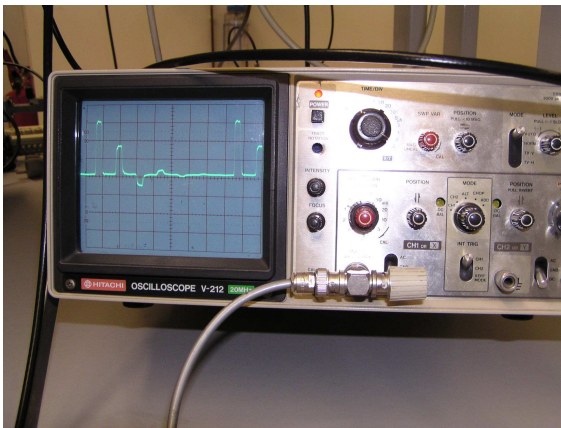


Figura 6

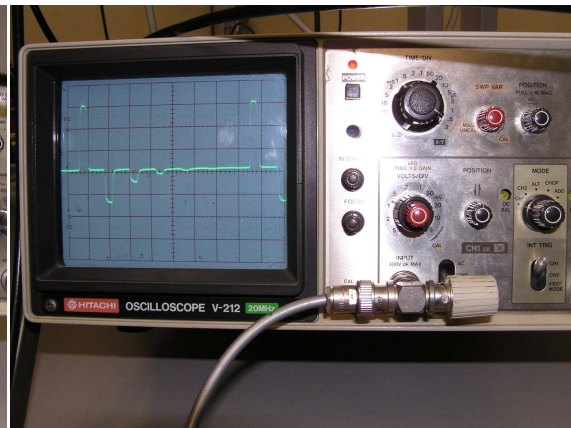


Figura 7