



Annexos de la Pràctica 1. Cablejat estructurat

Fonaments de Telemàtica

Departament d'Enginyeria Telemàtica (ENTEL)

Escola d'Enginyeria de Telecomunicacions i

Aeroespacial de Castelldefels (EETAC)

Annexos

Annex 1 – Components d'un sistema de cablejat estructurat	2
1.1 Connectors RJ-11 i RJ-45.....	2
1.2 Connectors IDC	2
1.3 Mod-taps.....	2
1.4 Roseta	3
1.5 Patch Panels.....	3
1.6 Canals	4
Annex 2 – Cables de parells trenats.....	5
2.1 Cable UTP (Unshielded Twisted Pair)	5
2.2 Patch Cords o fuets	5
2.3 Categories de cable.....	6
Annex 3 – Construcció de connectors i cables	7
3.1 Esquemes de connexionat.....	7
3.2 Ordenació numèrica dels pins	7
3.3 Connexionat segons l'aplicació.....	8
3.4 Cables creuats	8
Annex 4 – Eines i equips	10
4.1 Eina d'impacte.....	10
4.2 Eina per crimpar (Crimpadora).....	10
4.3 Tester de cablejat	11
Annex 5 – Teoria sobre línies de transmissió	13
5.1 Línies de transmissió: modelat i comportament.....	13
5.2 Velocitat de propagació	15

Annex 1 – Components d'un sistema de cablejat estructurat

A la properes seccions s'explica amb més detall què són i quina és la funció dels diferents elements que formen part d'una instal·lació típica de cablejat estructurat.

1.1 Connectors RJ-11 i RJ-45

Són els connectors estandarditzats per les terminacions dels cables. El RJ-11 és de 4 o 6 fils i s'utilitza en telefonia; el RJ-45 disposa de 8 pins i és adequat pels cables UTP (veure secció 2.1) de 4 parells. Els connectors RJ disposen d'una llengüeta a la part superior que serveix per diverses tasques: assegura i alinea la inserció del connector en els mod-taps (veure secció 1.3), i impedeix connectar-lo a l'inrevés.

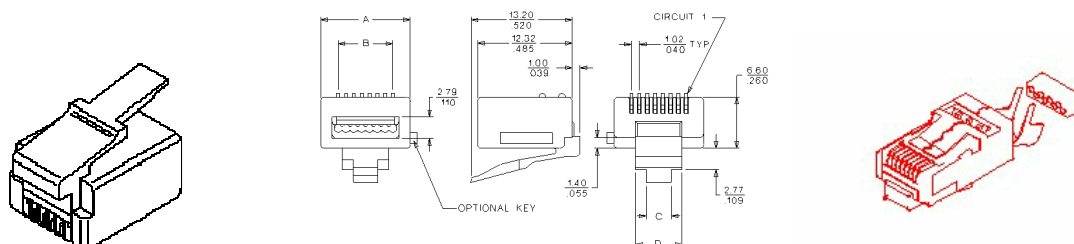


Figura 1. Exemples de connectors. Esquerra: RJ-45 categoria 5/5e (veure secció 2.3). Centre: esquema del connector RJ-45, amb dimensions normalitzades. Dreta: RJ-45 categoria 6 (veure secció 2.3). Aquest últim disposa d'un apantallament addicional i un suport per subjectar amb més fermesa el cable. Font: Molex.

1.2 Connectors IDC

Els parells de cable trenat són conduïts a través de les sortides (ports) corresponents i gràcies a l'ajuda d'una eina d'impacte (veure secció 4.1) es munten sobre el mòdul IDC (Insulation Displacement Connector). Gràcies a la presència d'aquests mòduls i l'eina d'impacte no es necessari arrencar l'aïllament del cable.

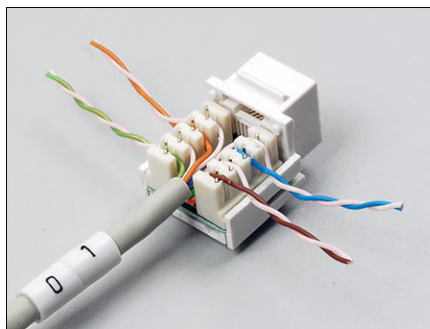


Figura 2. Exemple de connector IDC.

1.3 Mod-taps

És el nom que es dóna als dispositius modulars RJ-45 femella, aptes per a connectar-hi un RJ-45 mascle. Es pot inserir en rosetes i en patch panels especials amb un sistema

d'encastat. S'utilitza un mod-tap per cada toma d'accés (connexió a xarxa). Una roseta pot contenir un o diversos mod-taps.



Figura 3. Exemples de mod-taps de diversos fabricants. Podeu veure com n'hi ha que permeten una inserció horitzontal, i d'altres permeten un angle d'uns 45° (per comoditat i protecció contra estrebades). El primer té unes dimensions de 25 x 50 mm, el segon de 25 x 38, i l'últim de 22.5 x 45. Les dimensions són importants, de cara a la seva inserció a les rosetes. Font: Molex.

1.4 Roseta

La roseta (per a mod-tap) és la peça de plàstic on s'encasten els mod-taps. Aquesta peça es la que s'enganxa a la paret amb cargols o bé empotrada. Moltes rosetes porten a més una tapa externa que permet mantenir l'estètica de la instal·lació.

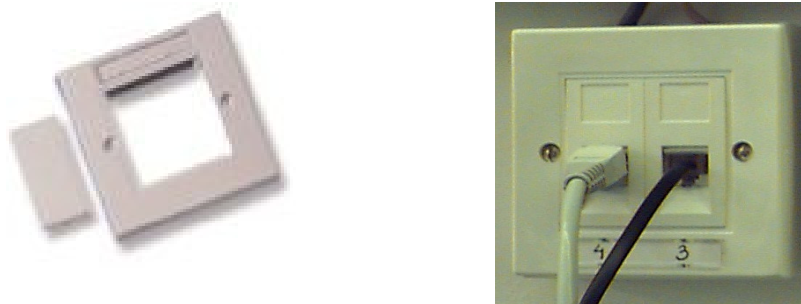


Figura 4. Exemples de rosetes. Aquestes són dobles, amb dimensions totals de 50 x 50 mm; per això, són adequades per inserir dos mod-taps com els primers (25x50) de la figura anterior. A la dreta teniu un exemple de roseta completa, amb els mod-taps (i un parell de cables inserits). Font: Molex.

1.5 Patch Panels

Són elements d'interconnexió formats per unes plaques de circuit imprès que enllacen, per una banda, connectors IDC i per l'altra connectors RJ-45. Habitualment s'utilitzen els patch panels amb una estructura metàl·lica que pot ubicar-se en armaris rack d'una amplada normalitzada de 19 polzades, és a dir, 48,26 cm. Aquesta és la mesura habitual de l'amplada dels armaris destinats a equips de comunicacions. És un estàndard de facto. Els equips de comunicacions (els que es munten als armaris) solen donar la seva alçada en "unitats" (abreviat amb U), que correspon a quants llocs ocupen en vertical. Així, un patch panel típic pot ocupar 1 U.

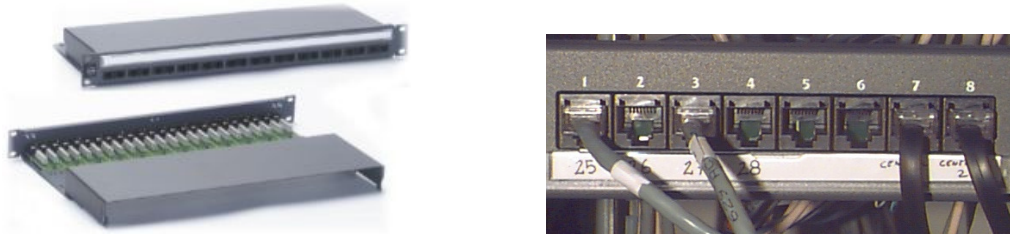


Figura 5. Esquerra: exemple de patch panel d'1 U d'alçada i 19 polzades d'amplada. Vista frontal i posterior sense coberta. Dreta: detall dels connectors frontals (RJ-45). Font: Krone.

1.6 Canals

Són elements plàstics que ens permetran protegir i dirigir el cablejat fix del subsistema de cablejat horitzontal i del backbone. Acabaran sempre en els armaris de telecomunicacions, concretament als patch panels.



Figura 6. Exemple de canal. Font: Krone.

Annex 2 – Cables de parells trenats

2.1 Cable UTP (Unshielded Twisted Pair)

El cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) està format per 4 parells de fils trenats no apantallats, és a dir, cada parell de fils trenats aïllats no es troba protegit per una coberta protectora, per tant, estan sotmesos a interferències. Els 4 parells de fils trenats es troben envoltats per una coberta de polivinil (PVC), que pot tenir diferents graus de rigidesa. Parlarem, doncs, de cable UTP rígid o flexible. El primer és utilitzat, normalment, per als sistemes de cablejat fix com l'horitzontal i el vertical (ja que la seva rigidesa el fa més resistent a estrebades) i el segon, per a fuets als llocs de treball o als armaris (degut a la seva flexibilitat és més còmode).

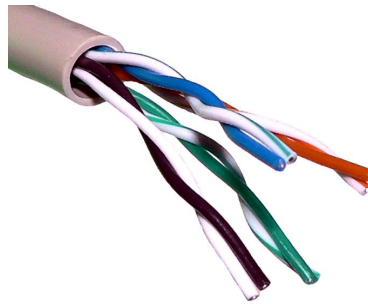


Figura 7. Cable UTP.

2.2 Patch Cords o fuetsons

Els *patch cords*, també anomenats 'fuetsons' en català, o 'latiguillos' en castellà, són els cables curts utilitzats per realitzar les connexions entre el patch panel i els elements d'electrònica de xarxa o el sistema de distribució vertical, i també entre la roseta i l'equip de l'usuari. Estan constituïts per cable UTP de 4 parells flexible acabat en dos connectors mascles RJ-45 en cada extrem. La normativa de cablejat estructurat especifica que els patch cords d'usuari (entre l'equip d'usuari i la roseta) han de tenir una distància màxima de 3 m.



Figura 8. Exemple de fuet. Font: Krone.

2.3 Categories de cable

L'estàndard *ANSI/TIA/EIA-568-A* indica el tipus de cable UTP que s'utilitzarà en cada situació i construcció. Depenent de la velocitat de transmissió, s'especifiquen diferents categories de cable:

Categoria 1: Fil telefònic trenat de qualitat de veu no adequat per les transmissions de dades. Les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 1MHz.

Categoria 2: Cable de parell trenat sense apantallar. Les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 4 MHz. Aquest cable consta de 4 parells trenats de fil de coure.

Categoria 3: Velocitat de transmissió típica de 10 Mbps per Ethernet. Amb aquest tipus de cables s'implementen les xarxes Ethernet 10BaseT. Les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 16 MHz. Aquest cable consta de quatre parells trenats de fil de coure amb tres entrellaçats per peu (un peu = 30.5 cm).

Categoria 4: La velocitat de transmissió arriba fins a 20 Mbps. Les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 20 MHz. Aquest cable consta de quatre parells trenats de fil de coure.

Categoria 5: És una millora de la categoria 4, pot transmetre dades fins a 1 Gbps i les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 100 MHz. Aquest cable consta de quatre parells trenats de fil de coure.

Categoria 5e (enhanced) és una categoria 5 millorada. Minimitza l'atenuació i les interferències. Aquesta categoria no té estandarditzades les normes, tot i que sí es ha estat diferenciada pels diferents organismes.

Categoria 6: És una nova millora de la categoria 5, pot transmetre dades fins a 1Gbps i les característiques de transmissió del mitjà estan especificades fins a una freqüència superior de 250 MHz.

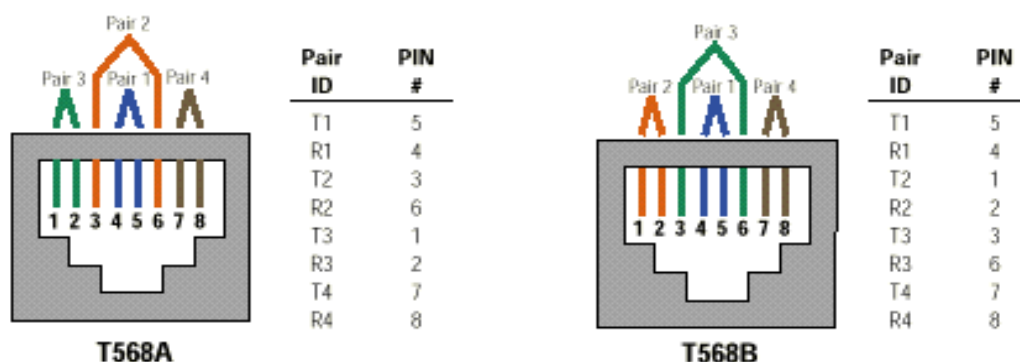
Categoria 7. És una millora més de la categoria 6, pot transmetre dades fins a 1 Gbps, i les característiques de transmissió del medi estan especificades fins a una freqüència superior de 600 MHz.

Annex 3 – Construcció de connectors i cables

En aquest apartat comentem alguns detalls sobre la construcció i caracterització de connectors per cables de parells trenats.

3.1 Esquemes de connexionat

Els dos connectors més àmpliament utilitzats per fer la connexió de cables UTP són els RJ-45 i RJ-11. La distribució dels parells en un connector RJ-45 es fa d'acord amb les normes *T568A* (ús preferent a Nord Amèrica) i *T568B* (ús preferent a Europa) il·lustrades a la Figura 9.



Códigos de colores para un cable UTP de 4 pares

	Tip (primario) (Color base/Rayado)	Ring (secundario) (Color base/Rayado)
Par 1	Blanco/Azul	Azul (Azul/Blanco)
Par 2	Blanco/Naranja	Naranja (Naranja/Blanco)
Par 3	Blanco/Verde	Verde (Verde/Blanco)
Par 4	Blanco/Marrón	Marrón (Marrón/Blanco)

Figura 9: Esquemes de connexionat per un connector RJ-45

ATENCIÓ: la figura 9 representa el connector RJ-45 vist “de cara”; és a dir, mirant directament els pins, i amb la llengüeta al darrera.

3.2 Ordenació numèrica dels pins

El criteri que es fa servir per ordenar els pins d'un connector és el següent: es mira la roseta de connexió des de la cara on es connecta i es col·loca la ranura de la pestanya mirant cap a baix. En aquesta situació, el pin 1 és el situat a la part esquerra. Els altres pins es numeren consecutivament a partir d'aquest en ordre creixent. Per tant, en els connector RJ, si es miren des de la unió del connector amb el cable i deixant a sota la pestanya de plàstic, el pin 1 comença també a l'esquerra. La figura 10 mostra en diferents etapes, com han de quedar les connexions d'un cable de 4 parells segons la normativa T568B.

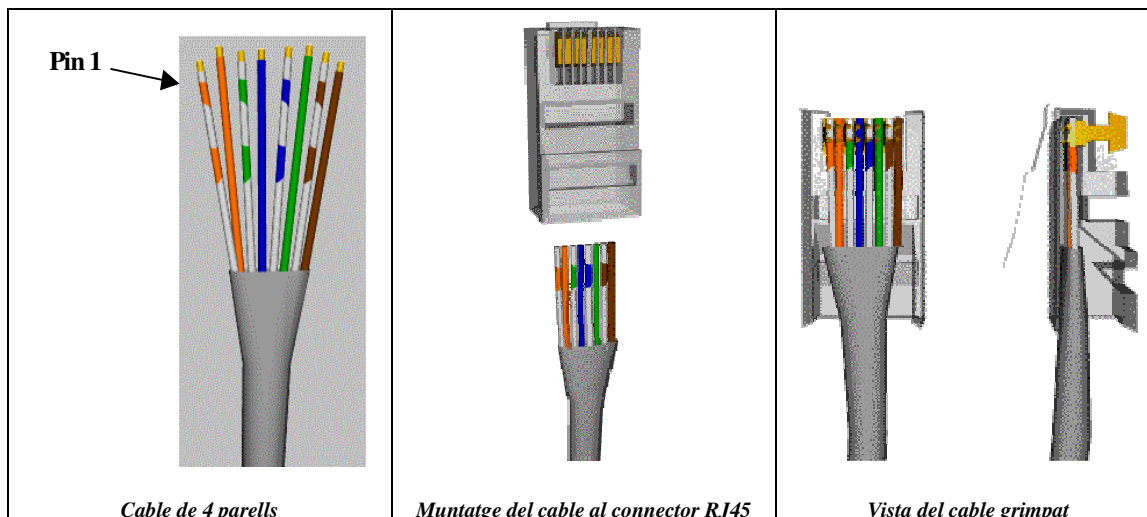


Figura 10: Muntatge d'un connector RJ-45.

3.3 Connexionat segons l'aplicació

En algunes ocasions pot resultar convenient conèixer quins són els pins utilitzats per l'aplicació que corre sobre el sistema de cablejat. A la Taula 1 s'indiquen quins són els pins d'un connector RJ-45 utilitzats per un servei de veu, una Ethernet a 10 i 100 Mbits/s i una xarxa Token Ring a 16 Mbits/s.

Esquemes de connexió			
Pin	Veü	10/100Base-T	Token Ring
1	----	Transmissió +	-----
2	----	Transmissió -	-----
3	----	Recepció +	Transmissió +
4	B	-----	Recepció -
5	A	-----	Recepció +
6	----	Recepció -	Transmissió -
7	----	-----	-----
8	----	-----	-----

Taula 1: Connexionat per diferents aplicacions.

Fixeu-vos que els pins de transmissió i recepció en les normes 10/100Base-T (de fet, en totes) no depenen de la normativa aplicada. Físicament, la informació sempre es transmet pels mateixos pins. El fet diferencial entre les dues normatives (T568A i T568B) és que els parells trenats assignats a aquests pins són diferents (ex. Pins 1 i 2 tenen assignat el parell 2 a la normativa T568B y el parell 3 a la T568A).

3.4 Cables creuats

La correspondència entre pins i fils comentada a l'apartat anterior és la requerida per fuets que uneixin una tarja de PC amb un equip de comunicacions (*hub*, *switch*, *router*, etc). Per suposat, la connexió Ethernet d'aquest equip fa la funció contrària: transmet

pel parell de recepció, i rep pel parell de transmissió, mantenint la coherència amb el que fa la tarja del PC.

Com podríem connectar dos PCs directament, sense passar per cap altre equip? Si utilitzem un cable directe (“normal”) com els descrits anteriorment, hi haurà problemes, ja que els dos PCs intentaran transmetre per un mateix parell. Per això existeixen els fuets creuats (*cross-over*), que creuen els parells de transmissió i recepció, enganyant així als dos PCs (cadascun creu el que hi ha a l’altre costat és un hub o switch).

Connexió de cable creuat			
Senyal extrem A	Pin A	Senyal extrem B	Pin B
Transmissió +	1	Recepció +	3
Transmissió -	2	Recepció -	6
Recepció +	3	Transmissió +	1
Recepció -	6	Transmissió -	2

Taula 2: Fuet creuat per Ethernet 10/100-Base-T.

Fixeu-vos que l’esquema indicat en la Taula 2 consisteix en construir un cable on un dels extrems segueix la normativa T568A i l’altre la T568B.

Annex 4 – Eines i equips

A continuació es detallen les eines de muntatge més habituals en una instal·lació típica de cablejat estructurat.

4.1 Eina d'impacte

L'eina d'impacte o *punch down tool* és una eina necessària per fer les connexions IDC (*Insulation Displacement Connector*). El procés de connexió comença amb la inserció del cable entre dos contactes metàl·lics sense extreure'n la funda d'aïllament. El cable s'insereix per pressió i en aquest procés la coberta del cable es fisura lleugerament, permetent el contacte elèctric. Moltes eines d'impacte permeten graduar la força de l'impacte i algunes incorporen un mecanisme de *cutter* per tallar l'excés de cable.

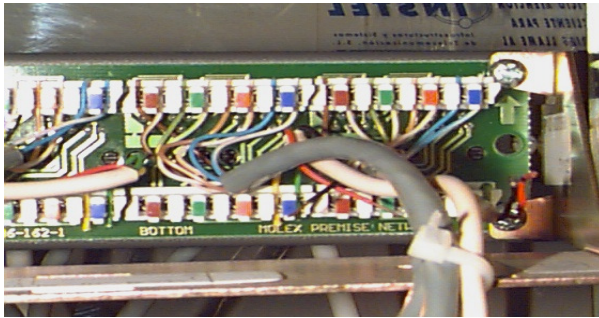


Figura 11: A l'esquerra, detall dels connectors IDC de la part posterior d'un patch panel. A la dreta, exemple d'una eina d'impacte. Font: EclipseTools.

4.2 Eina per crimpar (Crimpadora)

L'eina per crimpar (crimpadora o crimp tool) és una eina utilitzada per muntar els connectors tipus RJ. El funcionament té similituds amb l'eina d'impacte. L'eina fa pressió sobre els contactes d'un connector mascle RJ degudament preparat, de forma que els cables queden atrapats a l'interior del connector. Els connectors RJ tenen unes fulles metàl·liques que tallen l'aïllant plàstic dels fils dels cables de parells. Aquestes fulles són les mateixes que fan contacte amb els conductors del cable. Finalment, els connectors RJ tenen (a la part inferior) una pestanya que queda tancada quan es fa pressió, i que fa que el cable no es mogui.

La crimpadora és l'eina que facilita la col·locació correcta del cable i el connector, i que en un sol moviment de pressió fa que es tallin els aïllants dels fils, i que el cable quedi pres al connector.

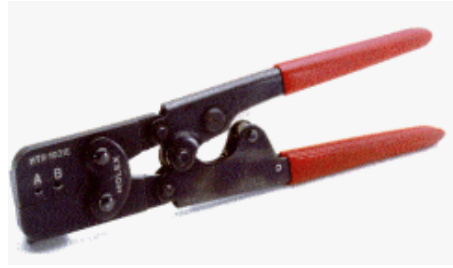


Figura 12: Exemple de crimpadora. Font: Krone.

4.3 Tester de cablejat

El tester és una eina que permet comprovar la instal·lació del cablejat (atenció, no estem parlant de certificar). Permet descobrir problemes de continuïtat en la instal·lació de cablejat, encreuament de parells, curt-circuits, males connexions, etc. Un exemple es el tester SLT3S que es presenta més endarrere. Aquest equip està dissenyat per verificar la integritat dels cablejats de veu i dades de parells de coure, amb pantalla (foiled twisted pair o parell trenat amb pantalla global (FTP), shielded twisted pair o parell trenat apantallat (STP) o sense pantalla (UTP).



Figura 13: Tester de cablejat SLT-3S. Font: Cervi.

El tester està format per dos mòduls, un anomenat *master* i l'altre *remote*, que es connecten un a cada extrem del cable. El mòdul master genera un senyal que injecta a cadascun dels parells del cable, variant cíclicament la seva posició. Això permet que el mòdul remot pugui analitzar la recepció (correcta o incorrecta) a l'altre extrem.

Els mòduls porten uns indicadors lluminosos que detecten les condicions de continuïtat. Aquests leds s'il·luminen al master per indicar la seqüència de testeig, i al remot indiquen l'estat de cada parell, segons s'indica a la Taula 3.



Figura 14: Leds del tester de cablejat SLT-3S. Font: Cervi.

MASTER	REMOTE	DIAGNÒSTIC
LED verd	LED verd	Normal
LED verd	LED vermell	Polaritat canviada en el parell
LED verd	LED apagat	Curt-circuit al parell
2 LED verds	2 LED verds	Curt-circuit entre parells
LED apagat	LED apagat	Circuit Obert
LED fora de seqüència	LED fora de seqüència	Parells canviats d'ordre

Taula 3. Detall dels leds del tester SLT-3S, i significat dels seus estats.

Annex 5 – Teoria sobre línies de transmissió

5.1 Línies de transmissió: modelat i comportament

Una línia de transmissió s'utilitza per transmetre un senyal des d'un sistema generador (per exemple, un amplificador, un telèfon, un ordinador, etc) fins una càrrega (una antena, una centraleta telefònica, etc). La propagació de l'energia elèctrica per una línia de transmissió es fa en forma de senyals u ones electromagnètiques. L'ona que es propaga des del generador cap a la càrrega és la ona incident. En general, la impedància de càrrega, Z_L , serà diferent de la impedància característica de la línia de transmissió, Z_0 . En conseqüència, s'origina una ona reflectida des de la càrrega cap al generador, que interfereix amb l'ona incident, formant-se una ona estacionària al llarg de la línia de transmissió.

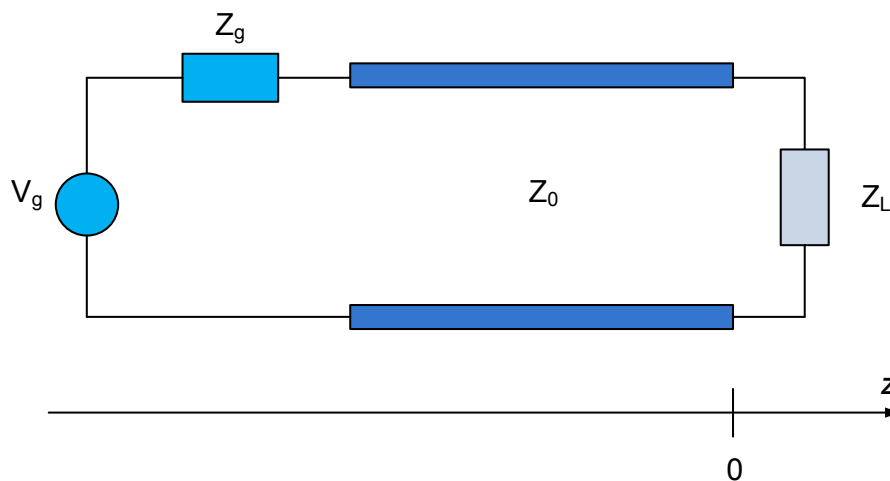


Figura 15. Circuit resultant.

La solució general de l'equació d'ones en la línia serà la superposició d'una ona progressiva i una regressiva:

$$V(z, t) = V_+ e^{i(\omega t - \gamma z)} + V_- e^{i(\omega t + \gamma z)}$$

on ω és la freqüència angular, t és el temps, γ és el nombre d'ona i z és el lloc on s'observa l'ona. Aquesta notació es veurà a altres assignatures (de matemàtiques, per exemple).

$$I(z, t) = I_+ e^{i(\omega t - \gamma z)} + I_- e^{i(\omega t + \gamma z)}$$

Observem que es col·loca el 0 de l'eix z a la posició de la càrrega.

Sabem que $V^+ = Z_0 I^+$ i $V^- = -Z_0 I^-$. Llavors:

$$V(z, t) = V_+ e^{i(\omega t - \gamma z)} + V_- e^{i(\omega t + \gamma z)}$$

$$I(z, t) = \frac{V_+}{Z_0} e^{i(\omega t - \gamma z)} - \frac{V_-}{Z_0} e^{i(\omega t + \gamma z)}$$

La càrrega imposa la condició següent:

$$\left. \frac{V(z, t)}{I(z, t)} \right|_{z=0} = Z_L$$

de tal forma que

$$V(0, t) = (V_+ + V_-) e^{j\omega t} = Z_L I(0, t) = \frac{Z_L}{Z_0} (V_+ - V_-) e^{j\omega t}$$

Per tant

$$\frac{(V_+ + V_-)}{(V_+ - V_-)} = \frac{Z_L}{Z_0}$$

I d'aquesta equació s'obté la relació d'amplituds entre les ones progressiva i regressiva a la càrrega, Γ_L :

$$\Gamma_L = \frac{V_-}{V_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Aquesta relació es coneix com 'coeficient de reflexió de tensió sobre la càrrega' o només 'coeficient de reflexió'. En general, podem pensar en una ona que viatja cap a la càrrega i que es veu parcialment 'reflectida' en ella.

S'observa que $\Gamma_L=0$ si $Z_L=Z_0$. En aquest cas no existeix ona regressiva (no hi ha reflexió). La càrrega està adaptada a la línia. Això passa quan la impedància de càrrega és igual a la impedància característica de la línia.

Si una línia de transmissió ideal és oberta o curtcircuitada, es donen dos casos particulars en què a l'extrem de càrrega es produeixen reflexions totals.

- a) El coeficient de reflexió si la línia de transmissió ideal és oberta val:

$$Z_L=\infty \rightarrow \Gamma_L=1$$

En aquest cas, l'ona incident de voltatge es reflecteix de nou exactament com si continués el seu camí (o sigui, sense inversió de fase).

- b) El coeficient de reflexió si la línia de transmissió ideal està curtcircuitada val:

$$Z_L=0 \rightarrow \Gamma_L=-1$$

En aquest cas l'ona incident de voltatge es reflecteix cap endarrere amb un desfasament de 180 graus respecte a com ha arribat.

5.2 Velocitat de propagació

En algunes línies de transmissió es proporciona la velocitat de transmissió de les ones electromagnètiques mitjançant el paràmetre NVP (Nominal Velocity of Propagation), que correspon al percentatge de la velocitat de propagació en la línia de transmissió respecte la velocitat propagació de la llum en el buit. El buit es considera un medi perfecte amb un NVP de 100%. Els cables tenen un NVP menor de 100 i típicament entre 50% i 80%.

Considerarem que la NVP en un cable UTP i en un cable coaxial és NVP=66%, és a dir, 2/3 de la velocitat de la llum, o 2×10^8 m/s.