الفصل الثاني عشر

نظم الاتصالات الليفية البصرية

الفصل الثاني عشر

نظم الاتصالات الليفية البصرية

Optical Fiber Communication Systems

استعرضنا في الفصول السابقة المكونات الأساسية لوصلة اتصالات ليفية بصرية والتي اشتملت على المنابع الضوئية والمرسلات والمقارن والموصلات والألياف والكابلات والكواشف والمستقبلات . نستعرض في هذا الفصل كيفية تكوين وصلة ليفية بصرية بإحضار المكونات مع بعضها واختيار الأنسب منها لتكوين الوصلة المناسبة بناءً على معطيات سنقوم بشرحها .

١٢-١ منهجية تصميم نظم الألياف البصرية

Optical Fiber System Design Methodology

تتشابه أسس تصميم نظم النقل الليفية مع نظم نقل المعلومات الأخرى مثل الراديو والموجات الصغرية والكابلات المحورية والسواتل . وتختلف عنها في تصميم النظم الفرعية المكونة من عناصر البصريات الليفية . لايقتصر تصميم النظام البصري الليفي على الوسط الناقل أو العناصر البصرية الليفية الأخرى كالمنبع والكاشف بل يشتمل على إلكترونيات معالجة الاشارات وطرق التشكيل والتجميع والتشفير بالإضافة إلى الاعتمادية والكلفة .

لن نتمكن من تقديم معايير التصميم كاملة في هذا الفصل إذ يحتاج ذلك إلى كتاب مستقل . بل سنقوم بتقديم مواصفات العناصر الأساسية في نظام الاتصالات البصرية واجراءات التصميم وكذلك اعطاء أمثلة على أهم عنصرين في التصميم وهما ميزانية القدرة ومعدل المعلومات .

يتكون نظام الاتصالات من ثلاثة عناصر أساسية وهي المرسل والمستقبل وقناة الاتصال . تحدد استخدامات النظام البصري الليفي مواصفات العناصر الداخلة ضمن

المكونات الأساسية الآنف ذكرها.

عند تخطيط نظام بصري ليفي يجب علينا في البداية تحديد نوعية هذا الاستخدام والتي يمكن أن يقع ضمن التقنيات الآتية :-

١ - رقمي Digital.

إذا كان الإرسال رقمياً فيجب علينا معرفة مايلي :

أ - معدل خطأ البتات bit error rate (BER) .

ب - مدى درجات حرارة التشغيل بالدرجات المئوية.

٢ - تماثلي Analog.

أما في حالة الإرسال التماثلي فلابد من معرفة الآتي :

أ - عرض النطاق بالهيرتز Hertz.

ب - التشوه مقاساً بالديسيبل.

جـ - مدى درجات حرارة التشغيل بالدرجات المئوية .

٣ - صوت Audio

عندما تكون الرسالة المرسلة صوتية فعلينا معرفة الآتي :-

أ - عرض النطاق بالهيرتز Hertz.

ب - التشوه بالديسيبل.

جـ - اللغط بالديسيبل (لعدة قنوات).

د - مدى درجات حرارة التشغيل بالدرجات المئوية .

٤ - فيديو Video.

أما إرسال الصورة والذي يحتاج لعرض نطاق أوسع من ذلك المستخدم في الصوت فيجب معرفة مايلي :-

أ - عرض النطاق بالهيرتز Hertz.

ب - التشوه بالديسيبل.

جـ - اللغط بالديسيبل (لعدة قنوات).

د - مدى درجات حرارة التشغيل بالدرجات المئوية.

١٢-١-١ مواصفات عناصر الوصلة الليفية البصرية

Specifications of Fiber Optic Link Elements

أ - مواصفات المرسل Transmitter Specifications

١ - مقاومة الدخل بالأوم (Ω).

٢ - أقصى إشارة دخل بالجهد المستمر(V_{dc}) أو V_{rms} أو الاتساع الأقصى للجهد V_p.

٣ - طول موجة الضوء λ بالميكرومتر (μm).

٤ - مقدار قدرة الخرج البصرية بالميكروواط (μw).

٥ - زمن الصعود rise time للخرج البصري بالنانوثانية (μs).

٦ - جهد التغذية المستمر (DC) لتشغيل دائرة المرسل.

ب - مواصفات المنبع الضوئي Light Source Specifications

١ - التيار الأمامي المستمر (Continuous) بالملي أمبير(mA).

٢ - التيار الأمامي النبضي بالملي أمبير (mA).

٣ - الطول الموجي للانبعاث الأقصى بالنانوميتر(nm).

٤ - عرض الطيف بالنانوميتر(nm).

٥ - الجهد العكسي بالفولت المستمر(V_{dc}).

٦ - مدى درجات الحرارة بالدرجات المئوية (^{o}C).

٧ - قدرة الخرج البصرية الكلية بالميكروواط (μW).

٨ - أوقات الصعود والهبوط بالنانوثانية (ns).

جـ - مواصفات الليف Fiber Specifications

١ - أحادي النمط أو متعدد النمط.

٢ - عتبي أو متدرج .

٣ - التوهين بالديسيبل لكل كيلومتر (dB/km).

٤ - فتحة النفوذ العددية NA.

٥ - التشوه النمطي intermodaldistortion بالنانوثانية لكل كيلومتر (ns/km).

٦ - معامل انكسار اللب.

٧ - معامل انكسار الكساء.

٨ - قطر اللب بالميكروميتر (µm).

٩ - قطر الكساء بالميكروميتر (µm).

١٠- قوة الشد بالرطل لكل انش مربع (psi).

١١- نصف قطر الثني بالسنتيمتر(cm).

د - مواصفات الكابل Cable Specifications

١ - عدد ا لألياف .

٢ - قطر اللب بالميكروميتر (µm) .

٣ - قطر الكساء بالميكرومتر (µm).

٤ - قطر الكابل بالملي ميتر(mm).

٥ - وزن الكابل بالكيلوجرام لكل كيلومتر (kg/km).

٦ - نصف القطر الأدنى لثني الكابل بالسنتيمتر (cm).

٧ - عناصر التقوية والحماية.

هـ - مواصفات الكاشف Detector Specifications

١ - التيار الأمامي المستمر Continuons بالملي أمبير (mA).

٢ - التيار النبضي الأمامي بالملي أمبير (mA).

٣ - الجهد العكسي الأقصى بالفولت المستمر(V_{dc}).

٤ - مدى درجات الحرارة بالدرجات المئوية (^{o}C)

٥ - قدرة المخرج البصرية بالميكروواط (μw).

٦ - تيار العتبة بالملي أمبير (mA).

٧ - زمن الصعود والهبوط بالنانوثانية (ns).

٨ - نمط الاشعاع بالدرجات الزاوية angular degrees.

و - مواصفات المستقبل Receiver Specifications

١ - قيمة معاوقة impedance المخرج بالأوم (Ω).

٢ - مستوى اشارة المخرج بالفولت المستمر(Vdc) أو الفولت الفعال (Vrms).
أو الفولت الأقصى (V_p).

٣ - الحساسية البصرية بالميكروواط(μw) أو النانووات (nw) أو الديسيبل(dB)
أو ميجابت لكل ثانية (Mb/s).

٤ - المدى الحركي dynamic البصري بالديسيبل (dB).

٥ - الحمولة الزائدة overload للخرج التماثلي بالنسبة المئوية(%).

٦ - زمن الصعود للخرج التماثلي بالنانوثانية (ns).

٧ - زمن الصعود للخرج الرقمي بالنانوثانية (ns).

٨ - جهد التغذية المستمر(DC) لتشغيل دائرة المستقبل.

٢-١٢ اعتبارات التصميم Design Considerations

قبل التفكير في تصميم النظام البصري لابد من أخذ عوامل عديدة بعين الاعتبار نذكرها فيما يلي :-

١ - هل الإشارة المراد إرسالها واستقبالها تماثلية أم رقمية ؟

٢ - ماعرض نطاق المعلومات اللازم ؟

٣ - مامقدار القدرة اللازمة ؟

٤ - ماهي مسافة خط النقل أو المسافة بين المرسل والمستقبل ؟

٥ - ماهي العوائق المحتملة في خط النقل؟

٦ - ماهي معلمات الإشارة المحتملة tolerable ؟

٧ - مامقدار القيمة المقبولة لنسبة الإشارة إلى الضوضاء للنظام التماثلي.

٨ - مامعدل خطأ البتات المقبول وزمن الصعود للنظام الرقمي؟

يتيح تحديد المعلمات آنفة الذكر فرصة البدء في تصميم النظام البصري الليفي.

١٢-٢-١ اجراءات التصميم Design Procedures :

نورد فيما يلي إجراءات تصميم النظام البصري الليفي :

١ - حدد عرض نطاق الإشارة.

٢ - حدد نسبة الإشارة إلى الضوضاء إذا كانت الإشارة تماثلية ويعبر عنها بالديسيبل.

٣ - حدد معدل خطأ البتات ، وهي نسبة البتات الخطأ إلى المجموع الكلي للبتات، إذا كانت الإشارة رقمية .

٤ - حدد مسافة الوصلة أي المسافة بين المرسل والمستقبل.

٥ - اختر الليف بناءً على التوهين .

٦ - احسب عرض نطاق النظام . يحسب هذا بتقسيم معامل عرض النطاق، محسوبا بالميجاهرتز لكل كيلومتر (MHz/ km)،على مسافة الوصلة. (يعطي معامل عرض النطاق من قبل الشركة الصانعة) .

٧ - حدد هامش القدرة power margin ، يمثل هامش القدرة الفرق بين قدرة خرج المنبع الضوئي وحساسية المستقبل.

٨ - أوجد الفقد الكلي لليف وذلك بضرب قيمة الفقد بالديسيبل لكل كيلومتر في طول الوصلة بالكيلومترات.

٩ - أحسب عدد الموصلات . اضرب فقد كل موصل بعدد الموصلات.

١٠- إحسب عدد الوصلات الدائمة. اضرب فقد كل وصلة دائمة بعدد الوصلات الدائمة.

١١ - أضف فقد بمقدار 1dB لمقرن الكاشف.

١٢ - أضف فقد بمقدار 3dB نتيجة تأثير درجة الحرارة.

١٣ - أضف فقد بمقدار 3dB نتيجة تأثير العامل الزمني.

١٤ - أجمع الفقد الكلي لليف مضافاً إليه فقد الموصلات والوصلات الدائمة واقتران الكاشف وتأثيرات درجة الحرارة والزمن (وهي القيم المذكورة في الخطوات من ٨ إلى ١٣) للحصول على التوهين الكلي للنظام .

١٥ - اطرح التوهين الكلي للنظام من هامش القدرة إذا كان الفرق سالباً يمكن معالجة ذلك بعمل أحد أو مجموعة من الاختيارات التالية :

أ - استخدام مرسل بقدرة أكبر .

ب - استخدام ليف يفقد أقل.

جـ - استخدام وصلات نقل قصيرة .

د - استخدام مستقبل بمستوى حساسية أقل.

هـ - تعديل بعض المواصفات مثل تقليل قيمة معدل خطأ البتات في النظام الرقمي أو نسبة الإشارة إلى الضوضاء في النظام التماثلي.

١٦ - أوجد زمن الصعود . لإيجاد زمن الصعود الكلي تجمع أزمنة الصعود للعناصر الحرجة مثل المنبع الضوئي والتشتيت النمطي والتشتيت الباطني والكاشف . قم بتربيع أزمنة الصعود وأضفها لبعض . أوجد الجذر التربيعي للمجموع للحصول على زمن الصعود لكلي للنظام. حسب المعادلة التالية :

$$\text{زمن الصعود} = \sqrt{t_1^2 + t_2^2 + t_3^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.1)$$

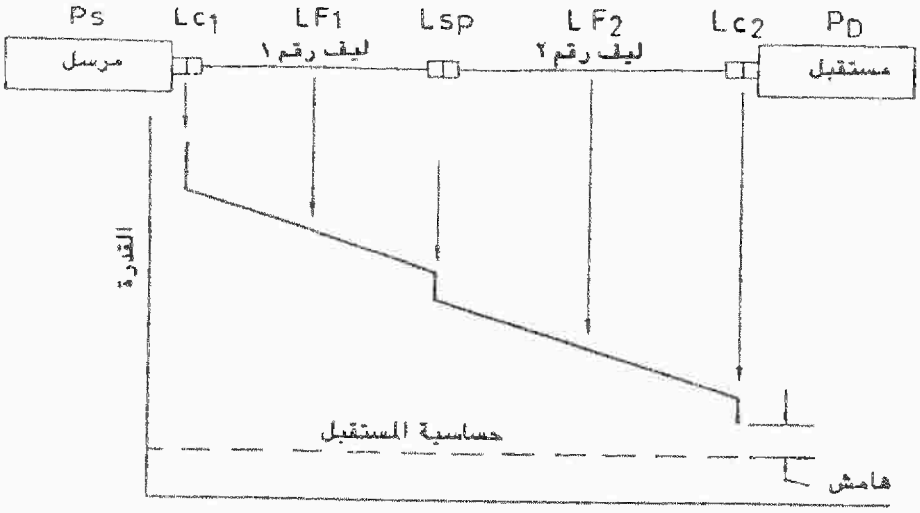
١٢-٣ ميزانية القدرة Power Budget

ذكرنا في البند السابق عدداً من خطوات التصميم ، (الخطوات من ٧ إلى ١٥) ، التي تدخل ضمن حساب مايسمى بميزانية القدرة ، حيث رأينا أن التوهين الكلي للنظام الليفي البصري يحسب بطرح القدرة البصرية الداخلة للكاشف من القدرة البصرية الخارجة من المنبع.

يبين الشكل (١٢-١) الفقد في عناصر النظام المختلفة . يشير الرمز P_S إلى قدرة المنبع الضوئي و L_{C1} إلى فقد اقتران القدرة بين المنبع والليف وهو في حدود 1dB لكل مقرن. L_{F1} هو فقد الليف الواقع بين المنبع والوصلة الدائمة L_{SP} هو فقد الوصلة الدائمة و L_{F2} هو فقد الليف الواقع بين الوصلة الدائمة ومقرن الكاشف. L_{C2} هو فقد الاقتران بين الليف والكاشف . P_D هي القدرة المستقبلة من قبل الكاشف . يضاف لعناصر الفقد الآنف ذكرها الفقد نتيجة درجة الحرارة والزمن وهي في حدود 3dB لكل منها.

يمكن التعبير عن القدرة عند الكاشف P_D بالمعادلة التالية :

$$P_D = P_S - (L_{C1} + L_{F1} + L_{SP} + L_{F2} + L_{C2}) \quad .....(12.2)$$



الشكل (١٢- ١) ميزانية القدرة لوصلة ليف بصرية

مثال ١٢-١ :

أوجد مقدار هامش القدرة للوصلة في الشكل (١٢-١) إذا كان لدينا مايلي :

المرسل	الليف رقم ١
القدرة البصرية = (odBm) 1mw	حجم الليف = $100/140_{\mu m}$
قطر الشعاع = $100\ \mu m$	فتحة النفوذ العددية (NA) = 0.3
فتحة النفوذ العددية (NA) = 0.3	التوهين = 6dB/km
فقد المقرن = 1dB	الطول = 2km
فقد الوصلة الدائمة = 1.0 dB	

المستقبل	الليف رقم ٢
حساسية المستقبل = 125nA (-39dBm)	حجم الليف = $100/140\ \mu m$
قطر الكاشف = $140\ \mu m$	فتحة النفوذ العددية = 0.3
فتحة النفوذ العددية = 0.3	التوهين = 5dB/km
فقد المقرن = 1dB	الطول = 2.2km

الحل : يحصل الفقد في عناصر النظام نتيجة عدم تطابق الاقطار أو فتحات النفوذ العددية وحيث أنها متطابقة في هذا المثال فيمكننا حساب هامش القدرة الكلي بالديسيبل باستخدام المعادلة (12.2) :

$$P_D = P_S - (L_{C1} + L_{F1} + L_{SP} + L_{F2} + L_{C2})$$
$$= 0 - (1 + 2 \times 6 + 1 + 11 + 1)$$
$$= -26\ dB\ .$$

وحيث أن حساسية المستقبل تساوي 39dBm - فإن القدرة عند الكاشف P_Dتساوي $2\ \mu w$ ؟ . لم نحسب في هذا المثال النقص في كفاءة النظام نتيجة التقادم الزمني وتأثير درجة الحرارة والذي يقدر 3dB لكل منهما أي أن الفقد الكلي سيكون 32dB - ويكون مستوى القدرة عند الكاشف 7dB فوق مستوى حساسية المستقبل.

تمثل القيم المذكورة في هذا المثال قيماً نظرية حيث أشرنا إلى تطابق قيم قطر المنبع وقطر لب الليف وكذلك تطابق أقطار لب الألياف المستخدمة في الوصلة وتساوي فتحات نفوذها العددية إضافة إلى تطابق قطر الكاشف مع قطر لب الليف الموصل للكاشف، إن مايحدث في التصميم العملي غير ذلك إذ ليس من السهولة تطابق كافة عناصر النظام ، لذا سنقوم بتغيير بعض القيم في عناصر النظام وحساب الفقد الكلي بناءً على المعطيات الجديدة والتي ندرجها في المثال التالي .

مثال ١٢-٢ :

أوجد مقدار القدرة للوصلة في الشكل (١٢-١) إذا كان لدينا مايلي :

المرسل	الليف رقم ١
القدرة البصرية = 1mw (odBm)	حجم الليف 85/125 μm
قطر الشعاع = 100 μm	فتحة النفوذ العددية (NA) = 0.26
فتحة النفوذ العددية (NA) = 0.3	التوهين = 6dB/km
فقد المقرن = 1dB	الطول = 2km
فقد الوصلة الدائمة = 1.5 dB	الليف رقم ٢
المستقبل:	حجم الليف = 100/140 μm
حساسية المستقبل = 125nA (-39dBm)	فتحة النفوذ العددية (NA)= 0.3
قطر الكاشف = 150 μm	التوهين = 5dB/km
فتحة النفوذ العددية= 0.4	الطـــول = 2.2 km
فقد المقرن = 1dB	

الحل : نرى في هذا المثال عدم تطابق أقطار العناصر المستخدمة وعدم تساوي فتحات نفوذها العددية وهو مانراه في الحياة العملية ولابد من حساب الفقد عبر عناصر الوصلة.

- فقد المرسل :

بالإضافة إلى فقد مقداره 1dB هناك نوعين آخرين من الفقد سببهما عدم تطابق فتحة النفوذ العددية للمنبع والليف وعدم تطابق أقطارهما وسنقوم فيما يلي بحساب الفقد لكل عنصر .

الفقد بسبب اختلاف قطر المنبع وقطر لب الليف هو :

$$L_{SF} = 10 \text{ Log } \left(\frac{\text{diam f}}{\text{diam s}} \right)^2$$

حيث تمثل diam f قطر الليف و diam s قطر المنبع

$$L_{SF} = 10 \text{ Log } \left(\frac{85}{100} \right)^2$$

$$= -1.4 \text{ dB.}$$

الفقد نتيجة عدم تطابق فتحات النفوذ العددية هو :

$$L_{NA} = 10 \text{ Log } \left(\frac{NA_F}{NA_S} \right)^2$$

حيث تمثل NA_F فتحة النفوذ العددية لليف و NA_S فتحة النفوذ العددية للمنبع .

$$L_{NA} = 10 \text{ Log } \left(\frac{0.26}{0.3} \right)^2$$

$$= -1.2 \text{ dB}$$

يبلغ الفقد الكلي عند السطح البيني interface للمرسل 3.6dB . لذا فإن الفقد الكلي حتى هذه النقطة هو 3.6dB .

- الفقد في الليف رقم ١ :

حيث أن الفقد لكل كيلومتر هو 6dB فإن الفقد الكلي لليف يساوي 12dB فيبلغ الفقد الكلي للنظام حتى هذه النقطة 15.6dB .

- فقد التوصيل بين الليف والليف :

نظراً لأن قطر وفتحة النفوذ العددية لليف رقم ٢ أكبر من مثيلاتها لليف رقم ١ فلا يحصل فقد إنما يضاف الفقد نتيجة الوصلة الدائمة فيكون الفقد الكلي بعد الوصلة الدائمة 17.1dB.

- فقد الليف رقم ٢ :

يبلغ الفقد لكل كيلومتر 5dB وحيث أن طول الليف يساوي 2.2km فان فقد الليف يساوي 11dB فيكون الفقد الكلي حتى نهاية الليف رقم ٢ 28.1dB.

- فقد المستقبل :

نظراً لأن قطر الكاشف وفتحة نفوذه العددية أكبر من نظيرتها لليف الواصل للكاشف فلا يحصل فقد وإنما هناك فقد مقداره 1dB نتيجة مقرن الكاشف فيصبح الفقد الكلي 29.1dB.

من القيم السابقة نستطيع أن ندرج الميزانية بالجدول التالي :

قدرة المرسل	o dBm
حساسية المستقبل	- 39 dBm
ميزانية القدرة	39 dB
فقد المرسل	3.6 dB
فقد الليف رقم ١	12 dB
فقد الوصلة الدائمة	1.5dB
فقد الليف رقم ٢	11 dB
فقد المستقبل	1 dB
الفقد الكلي	29.1 dB
هامش القدرة	9.9 dB.

الجدول (١٢-١) ميزانية القدرة للمثال رقم (٢) :

الجدول (١٢-١) ميزانية القدرة للمثال رقم (٢) :

لو أضفنا التأثير الزمني وتأثير درجة الحرارة على عناصر النظام والذي يقدر بحوالي 6dB لكلاهما فإن الفقد الكلي سيصبح 35.1dB ويصبح هامش القدرة 3.9dB

١٢-٤ ميزانية زمن الصعود او عرض النطاق Rise Time or Bandwidth Budgets

يضمن التحليل في البند السابق توفر مقدار كافٍ من القدرة في الوصلة البصرية الليفية لمجابهة الاستخدامات المصممة من أجلها . تشكل القدرة أحد المعيارين الهامين في تصميم الوصلة البصرية الليفية ، حيث يمثل زمن الصعود أو عرض النطاق المعيار الآخر. يجب أن تعمل كافة مكونات النظام لمجابهة احتياجات عرض النطاق. يرتبط عرض النطاق BW وزمن الصعود t_r بالمعادلة التالية :

$$BW = \frac{0.35}{t_r} \quad \text{..... (12.3)}$$

١٢-٤-١ النظم التماثلية Analog Systems

توصف النظم التماثلية بدلالة عرض النطاق الكهربائي BW . لحساب زمن الصعود الكلي للنظام يتم اختيار عناصر النظام المختلفة للحصول على زمن الصعود الذي يحقق عرض النطاق الكهربائي المذكور في المعادلة (12.3) . لتبسيط الأمر يقسم النظام إلى مجموعات :

(١) دوائر تشغيل المرسل t_1.

(٢) زمن صعود المنبع t_2.

(٣) تشتيت الليف t_3.

(٤) زمن صعود الكاشف t_4.

(٥) دوائر تشغيل المستقبل t_5.

مثال ١٢-٣ :

أوجد عرض النطاق الكهربائي لنظام ليفي بصري بالمواصفات التالية :

(١) طول الوصلة 2km .

(٢) عرض النطاق xBW المسافة 25MHz × km (عرض النطاق البصري) .

(٣) زمن صعود دوائر تشغيل المرسل $t_1 = 10ns$.

(٤) زمن صعود المنبع $t_2 = 2ns$.

(٥) تشتيت الليف $t_3 =$

(٦) زمن صعود الكاشف $t_3 = 3\ ns$.

(٧) زمن صعود دوائر تشغيل المستقبل $t_5 = 12\ ns$.

الحل :

أولاً : نجد عرض النطاق البصري للوصلة بطول 2km وهو :

$$BW\ (opt) = \frac{25\ MHz \times Km}{2\ Km} = 12.5\ MHz$$

عرض النطاق الكهربائي $= 0.707 \times BW\ (Opt.)$

$0.707 \times 12.5 =$

$8.8375\ MHz =$

يرتبط عرض النطاق الكهربائي لليف بزمن الصعود حسب المعادلة (12.2)

$$t_r = \frac{0.35}{Bw} = \frac{0.35}{8.8375 \times 10^6}$$

$$= 39.6\ ns$$

زمن الصعود الكلي t_r :

$$t_r = \sqrt{t_1^2 + t_2^2 + t_3^2 + t_4^2 + t_5^2}$$

$$= \sqrt{10^2 + 2^2 + 39.6^2 + 3^2 + 12^2}$$

$$= 42.72 \text{ ns}$$

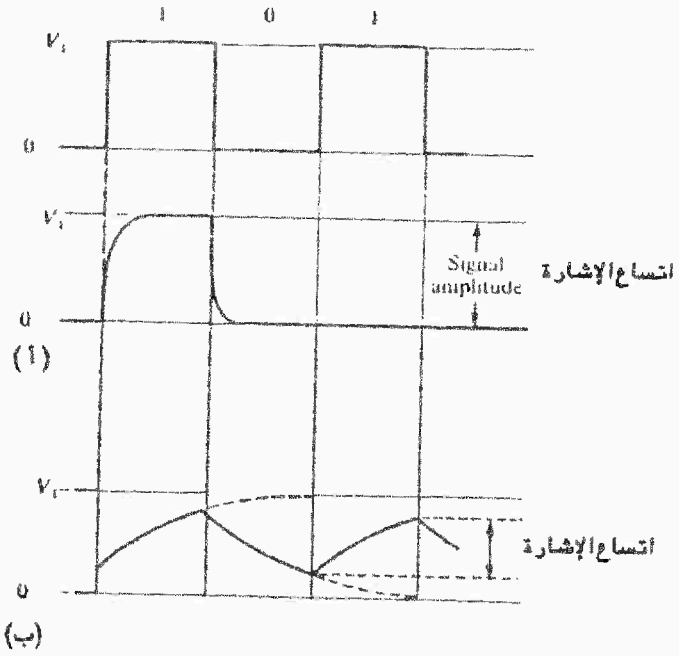
باستخدام المعادلة (12.3) نحصل على عرض النطاق الكهربائي للنظام

$$BW = \frac{0.35}{42.72 \times 10^{-9}} = 8.2 \text{ MHz}$$

نلاحظ من هذا المثال أن السبب الرئيسي لانخفاض عرض النطاق هو تشتيت الليف وأن اختيار ليف بتشتيت أقل سيؤدي إلى زيادة عرض النطاق. لتحسين عرض النطاق في أي نظام نبدأ عادة بتحسين المركبة التي تعطي أسوأ إنجاز والقياس في هذا المثال هو زمن الصعود . في هذا المثال إذا لم يجدي تغيير الليف نستخدم مستقبلاً بزمن صعود أقل وإن لم يجدي نستخدم مرسلاً بزمن صعود أقل وهلم جرا.

١٢-٤-٢ النظم الرقمية Digital Systems

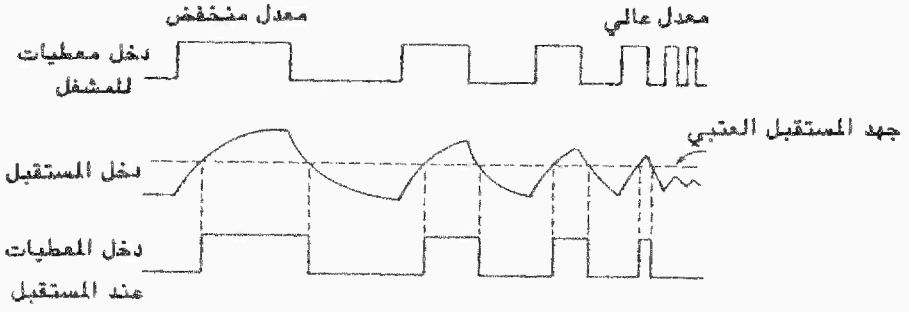
يتم تحليل النظم الرقمية عن طريق معرفة معدل المعطيات ونسق التشفير code format . نرى في الشكل (١٢-٢) تأثير زمن الصعود على النبضة المنقولة ، حيث نرى في الشكل (١٢-٢أ) شكل النبضة المرسلة عندما يكون زمن الصعود منخفضاً (استجابة سريعة) حيث يلاحظ عدم وجود تشوه يذكر أما في الشكل (١٢-٢ب) فنرى شكل النبضة المرسلة عندما يكون زمن الصعود مرتفعاً (استجابة بطيئة) ويبدو تشوه النبضات واضحاً فيحصل تداخلاً بين النبضات وهو مايسمى تداخل بين الرموز intersymbol interference وعندما يرتفع معدل النبضات ينخفض اتساعها فيصبح من الصعب التمييز بين (0) و (1) كما في الشكل (١٢-٣).



الشكل (١٢- ٢) تأثير زمن الصعود

(أ) زمن صعود قصير

(ب) زمن صعود طويل



الشكل (١٢- ٣) تشوه بتات المعطيات لمعدلات معطيات مختلفة

نظراً لصعوبة الحصول على نظام لايؤثر على زمن الصعود أو زمن الهبوط فلابد من وضع مواصفات criterion بشكل الموجة المقبول. يرتبط زمن صعود النبضة ارتباطاً مباشراً بارتفاع أو بطء البتات في النظام ، يتحقق هذا الشرط إذا كان زمن الصعود t_r يساوي أو يقل عن 70% من عرض النبضة T_p.

$$t_r \leq 0.7 \times T_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.4)$$

لو نظرنا إلى نسق العودة للصفر RZ، حيث تشغل T_p نصف زمن البتة T كما في الشكل (١٢-٤) نجد أن :

$$t_r \leq 0.7 \times \frac{T}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.5)$$
$$\leq \frac{0.35}{B_r}$$

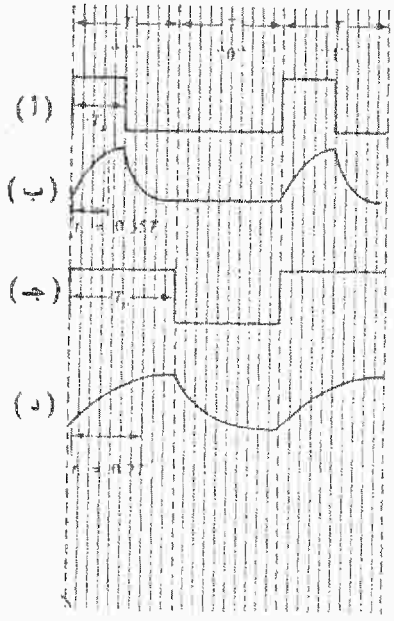
حيث أن $B_r = \frac{1}{T_p}$ وتمثل معدل المعطيات .

لو نظرنا إلى نسق عدم العودة إلى الصفر Non Return to Zero (NRZ) حيث $T_p = T$.

نحصل على :

$$t_r \leq \frac{0.7}{B_r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.6)$$

نلاحظ من المعادلتين (12.5) و(12.6) أن لنفس معدل المعطيات نحتاج إلى قيمة t_r لنسق العودة للصفر تساوي نصف قيمة t_r لنسق عدم العودة للصفر بصورة أخرى يمكن أن نقول أن نقل العودة للصفر يحتاج إلى نظام أسرع.



زمن البتة T = Bit time

$B_r = \frac{1}{T}$

زمن الصعود $tr = 0.7T_p$

الشكل (١٢-٤) تأثير زمن الصعود لنظام العودة للصفر وعدم العودة للصفر

(أ) إشارة العودة للصفر المرسلة

(ب) إشارة العودة للصفر المستقبلة مع زمن الصعود المسموح به tr

(جـ) إشارة عدم العودة للصفر المرسلة

(د) إشارة عدم العودة للصفر المستقبلة مع زمن الصعود المسموح به tr

مثال ١٢-٤:

لدينا نظام اتصالات بصري ليفي بالمكونات التالية :

زمن صعود الثنائي الباعث للضوء LED = 6ns

تشتيت الليف النمطي Intramodal = 20ns/km

تشتيت الليف الباطني Intermodal = 2ns/km

زمن صعود الكاشف PIN = 8ns

أوجد معدل المعطيات الأقصى لنسق NRZ إذا كان (١) طول الليف 5km

(٢) طول الليف 500 m. (٣) أوجد التشتيت لكل كيلومتر والممكن استفادة في وصلة طولها 5km ومعدل المعطيات 50Mb/s باستخدام نسق NRZ.

الحل :

(١) يبلغ التشتيت للوصلة التي بطول 5km مايلي :

التشتيت النمطي = $10\text{ns} \times 5 = 50\text{ns}$

التشتيت الباطني = $2\text{ns} \times 5 = 10\text{ns}$

زمن الصعود نتيجة التشتيت = $(50^2 + 10^2)^{\frac{1}{2}} = 5\ \text{Ins}$

زمن الصعود الكلي للنظام t_r.

$$t_r = (6^2 + 51^2 + 8^2)^{\frac{1}{2}} = 52\ \text{ns}$$

معدل البتات B_r يساوي $\frac{0.7}{t_r}$

$$B_r = \frac{0.7}{52 \times 10^{-9}} = 13.46\ \text{Mb/s}$$

(٢) يبلغ التشتيت للوصلة التي بطول 500m مايلي :

التشتيت النمطي = $10\text{ns} \times 0.5 = 5\text{ns}$

التشتيت الباطني = $2\text{ns} \times 0.5 = 1\text{ns}$

زمن الصعود نتيجة التشتيت = $(5^2 + 1^2)^{\frac{1}{2}} = 5.1\ \text{ns}$

زمن الصعود الكلي للنظام t_r.

$$t_r = (6^2 + 5.1^2 + 8^2)^{\frac{1}{2}} = 11.22\ \text{ns}$$

أما معدل البتات B_r فيبلغ مايلي :

$$B_r = \frac{0.7}{11.22 \times 10^{-9}} = 68.5 \text{ Mb/s}$$

(٣) باستخدام المعادلة (12.6) نحصل على زمن الصعود الكلي للنظام

$$t_r = \frac{0.7}{50 \times 10^6} = 14 \text{ ns}$$

$$= (6^2 + t_F + 8^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$t_F = (14^2 - 6^2 - 8^2) = 9.8 \text{ ns}$$

إن زمن الصعود لليف t_F والبالغ 9.8ns هو نتيجة تشتيت الليف ، وحيث أن طول الليف يساوي 5km فإن التشتيت لكل كيلومتر يساوي $\frac{9.8}{5} = 1.96$ ns/km . معنى هذا وجوب استخدام ليف أحادي النمط بدون تشتيت نمطي للوصول على هذه القيمة المنخفضة من التشتيت.

١٢ - ٥ الخلاصة Summary

قدمنا في هذا الفصل منهجية تصميم نظم الألياف البصرية وذكرنا مواصفات المكونات الأساسية لوصلة الاتصالات البصرية الليفية تبعها بعد ذلك الاجراءات المتبعة في تصميم هذه الأنظمة . لابد من الإشارة هنا إلى أن تصميم الأنظمة لايعتمد على التحليل النظري فحسب بل لابد من التجربة لمعرفة النتائج الفعلية. غير أن التحاليل النظرية الجيدة تعطي مؤشرات لمواءمة مكونات النظام مع بعضها ومع تكرار التصميم ومقارنة النتائج العملية والتعديلات اللازمة يصبح تصميم الأنظمة سهلاً .

قدمنا في هذا الفصل نبذة مختصرة عن إجراءات تصميم نظم البصريات الليفية والتي تلخصت في طريقتين مكملتين لبعضهما الأولى تعتمد على ميزانية القدرة والتي تضمن حدوث أقل فقد ممكن والحصول على القدرة المطلوبة عند المستقبل ، أما الطريقة الأخرى وهي ميزانية زمن الصعود أو عرض النطاق فيتم فيها اختيار مركبات النظام التي تحقق زمن الصعود أو عرض النطاق المطلوب. بعبارة أخرى يمكن القول أن تصميم النظام يعتمد على القدرة ومعدل المعطيات آخذين بعين الاعتبار نسبة الإشارة إلى الضوضاء في النظام التماثلي

ومعدل خطأ البتات في النظام الرقمي ولابد من حساب تكلفة واعتمادية النظام للمكونات المقترحة.

نظراً للتطور السريع في هذا المجال فلابد للمصمم من قراءة الكتب والدوريات المتخصصة والاطلاع على المقاييس التي تصدر من قبل الهيئات المختصة - تصدر بعض الشركات الصانعة ملحوظات تطبيقية application notes توزع مجاناً أو تباع بسعر رمزي وتكتب عادة بلغة مبسطة عن المركبات التي تنتجها الشركة .

الفصل الثاني عشر

أسئلة

١ - إرسم مخططاً لوصلة ليفية بصرية واذكر عناصرها المختلفة .

٢ - ماهي أسباب الفقد بين المرسل والمستقبل في وصلة ليفية بصرية ؟

٣ - لماذا تستخدم المكررات في الوصلات الليفية البصرية ؟

٤ - ماالغرض من إستخدام التجميع ؟

٥ - ماهي العلاقة بين عرض النطاق ومعدل المعلومات وزمن الصعود ؟

٦ - عرف نسبة الإشارة إلى الضوضاء SNR .

٧ - عرف معدل خطأ البتات BER .

٨ - ماهي العلاقة بين مسافة النقل ومعدل نقل المعلومات لوصلة ليفية بصرية ؟

٩ - ما المقصود بميزانية القدرة ؟

١٠- قارن بين نسق العودة إلى الصفر RZ ونسق عدم العودة إلى الصفر NRZ .

مسائل

١ - أفرض أن لدينا منبع بصري مساحته الفعالة $960\,\mu m^2$. ماهو أصغر قطر لليف بصري يستخدم مع هذا المنبع للحصول على فقد اقتران يقل عن 1dB .

٢ - أوجد الفقد الناتج عند اقتران خرج منبع LED قطره $60\,\mu m$ مع ليف قطره $50\,\mu m$

٣ - أوجد فقد الاقتران نتيجة فتحة النفوذ العددية وعدم توائم المساحة بين منبع لامبرتي يبلغ قطره الفعال $60\,\mu m$ وقطر الليف $50\,\mu m$ وفتحة نفوذه العددية 0.22 .

٤ - صمم وصلة ليفية بصرية لإرسال إشارة فيديو عرض نطاقها 6MHz وطولها 20km . وافرض أن نسبة الإشارة إلى الضوضاء SNR في المرسل تساوي 40dB مستخدماً التشكيل التماثلي .

٥ - أوجد عرض نطاق نظام ليفي يستخدم فيه ثنائي LED زمن صعوده 15ns وتشتيت الليف 30ns وكاشف زمن صعوده 10ns .

٦ - لدينا ليف بصري طوله 10km قيمة جداء الطول في عرض النطاق البصري 50MHz x km . وزمن صعود المنبع 20ns وزمن صعود الكاشف 15ns أوجد عرض نطاق النظام .

- أوجد معدل نقل المعلومات الرقمي باستخدام نسق NRZ لوصلة طولها 2km وفيها مايلي :

- زمن صعود المنبع = 12ns
- تشتيت الليف = 24ns
- زمن صعود الكاشف = 10ns
- زمن صعود دائرة المنبع = 5ns
- زمن صعود دائرة الكاشف = 5ns

٧ - أعد المسألة رقم ٦ مستخدماً نسق العودة للصفر RZ .

٨ - أوجد تشتيت الليف لكل كيلومتر الذي يسمح بتشغيل الوصلة في المسألة رقم ٦ للعمل عند معدل معلومات قدره 30MHz .

٩ - لدينا نظام ليفي يستخدم فيه ثنائي LED تبلغ القدرة المنبعثة منه 2mw وفقد الاقتران بين الليف والمنبع يساوي 17dB . يبلغ فقد الليف 5dB/km وفقد موصل قدره 6dB . لكل موصل والفقد بين الليف والكاشف 1.2dB وتبلغ حساسية الكاشف 38dBm .

(أ) أوجد ميزانية القدرة إذا كان طول الليف 3km وبه ثلاثة موصلات .

(ب) ارسم مخطط ميزانية القدرة . إفرض وجود مقارن عند المنبع والكاشف بعد كل كيلومتر من الليف .

REFERENCES

[1] Joseph C. Palais, "Fiber Optic Communications", 2nd edition, 1988, Prentice-Hall International N.J., USA.

[2] John Senior, "Optical Fiber Communications", Principles and Practice", 1985, Prentice-Hall International N.J., USA.

[3] Robert J. Hoss, "Fiber Optic Communications: Design Handbook", 1990, Prentice-Hall International N.J., USA.

[4] Bellcore, "Fiber Optics: Technology and Applications Video Tapes", 1990, Bellcore Livingston, NJ, USA.

[5] Henry Zanger and Cynthia Zanger, Fiber Optics, Communication and Other Applications", 1991, Maxwell Macmillan Publishing Group, NJ, USA.

[6] Donald J. Sterling, Jr., "Technician's Guide to Fiber Optics", 1987, Delman Publishers Inc., NY, USA.

[7] Frederick C. Allard, "Fiber Optics Handbook, for Engineers and Scientists", 1990, McGraw Hill Publishing Co., NY, USA.

[8] J. Wilson and J.F. Hawkes, "Optoelectronics: An Introduction", 1983, Prentice-Hall International, NJ, USA.

[9] Peter K. Cheo, "Fiber Optics, Devices and Systems", 1985, Prentice-Hall International N.J., USA.

[10] Gerd Keiser, "Optical Fiber Communication", 2nd Edition, 1991, McGraw-Hall International Editions, NY, USA.

[11] Robert J. Hoss and Edward A. Lacy, "Fiber Optics", 2nd Edition, 1993, Prentice-Hall International N.J., USA.

[12] Gunther Mahike and Peter Gossing, "Fiber Optics Cables", 1987, John Wiley and Sons, NY, USA.

المراجع العربية

١ - سعد الحاج بكرى ومحمد عبدالرحمن الحيدر " مقدمة في الاتصالات " ١٤٠٩هـ (١٩٨٨م) ، مطابع جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية .

٢ - جوزيف باليز " الاتصالات بالألياف البصرية " ترجمة جورج صنيج ومراجعة أحمد مرسي نفاخ ، ١٩٩٢م ، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر ، دمشق ، الجمهورية العربية السورية .

٣ - حسن الكمشوشي " نظرية الاتصالات الليفية البصرية " ، ١٩٨٧م ، دار الراتب الجامعية ، بيروت ، لبنان .

معجم المصطلحات العلمية

A

Aberration	زَيْغ
aberration loss	فقد الزيغ
aberration of light	زيغ الضوء
Abrasive	كاشط
abrasive paper	ورق كاشط
Absolute	مُطلق
absolute temperature	درجة الحرارة المطلقة
Absorption	امتصاص
Acceptance	قبول
acceptance angle	زاوية القبول
acceptance cone	مخروط القبول
acceptor atoms	ذرات قابلة
Acoustic	صوتي
Active region	منطقة فعّالة
Aggressivity	عدوانية/هجومية
Alignment	تراصف
Alternating	متناوب
alternating current (A.C.)	تيار متناوب
A.C. coupling	إقتران تيار متناوب
Amplify	يضخم / يكبر
signal amplification	تضخيم الإشارة
amplitude modulation (AM)	تشكيل الاتساع

Analog	تماثلي
analog modulation	تشكيل تماثلي
analog signal	إشارة تماثلية
Angle	زاوية
angle of incidence	زاوية السقوط
angle of reflection	زاوية الانعكاس
angle of refraction	زاوية الانكسار
angular dispersion	التشتيت الزاوي
angular misalignment	عدم التراصف الزاوي
critical angle	الزاوية الحرجة
divergence angle	زاوية التباعد
viewing angle	زاوية تسديد البصر
Anode	مصعد
Antenna	هوائي
Antireflection	مضاد للانعكاس
Aperture	فتحة النفوذ
numerical aperture	فتحة النفوذ العددية
Apex	قمة / رأس
Approximate	تقريبي
apporximate sinusoid	جيبي تقريبي
Area	منطقة / مساحة
area mismatch loss	فقد التوا ءم المساحي
Array	صَفيف
array connector	موصل صفيفي

Atoms	ذرات
Attenuation	توهين
preferential attenuation	توهين تفضيلي
spectral attenuation	توهين طيفي
Audio	سمعي
audio wave	موجه سمعية
audio message	رسالة سمعية
Automatic	آلي
automatic gain control	التحكم الآلي بالكسب
Avalanche	جرفي
avalanche multiplication	تضاعف جرفي
avalanche photodiode	ثنائي ضوئي جرفي
average	متوسط / وسطي
average time	الزمن الوسطي
Axial	محوري

B

Background	خلفية
Band	نطاق
band gap	ثغرة النطاق
bandwidth	عرض النطاق
baseband	النطاق الأساس
base bandwidth	عرض النطاق الأساس
valence band	نطاق التكافؤ

combination band	نطاق مركب
Barrier	حاجز
energy barrier	حاجز الطاقة
Base	قاعدة
base current	تيار القاعدة
Beam	حزمة
collimated beam	حزمة متوازية
convergent beam	حزمة متقاربة
divergent beam	حزمة متباعدة
BER	معدل خطأ البتات
Bias	انحياز
bias voltage	جهد انحياز
forward biased	منحاز أمامياً
Binary	ثنائي
Bipolar	ثنائي القطبية
bipolar transistor	ترانزستور ثنائي القطبية
Bit (s)	بتة (بتات)
bit rate	معدل البتات
data bits	بتات المعطيات
Block	كتلة
block diagram	مخطط كتلي/ مخطط صندوقي
Bombardment	قصف
ion bombardment	قصف أيوني
Bond	رابطة

chemical bonds	روابط كيميائية
Bound	مقيد
bound electron	إلكترون مقيد
Boundary	حد
Breakdown	انهيار
Broadcast	يذيع
Buckling	انبعاج
Budget	ميزانية
Buffer	طبقة واقية
Bus	خط رئيسي
data bus	خط معطيات رئيسي
Butt	تناكب/ يوصل طرفي الشيء بالتناكب
butt join	وصلة تناكبية
By - pass	تجاوز / تبديل
by - pass capacitor	مكثف تجاوز
by - pass switch	مفتاح تجاوز

C

Cable	كيبل ، كابل
cable television	تلفزيون / يستقبل الإشارة عن طريق الكابل
Call	نداء
Capacity	سعة / إمكانية
stray capacitance	سعة شاردة
Capacitor	مكثف

Carrier	حامل / ناقل
carrier lifetime	مدة حياة الحامل
Cathode	مهبط
Cavity	تجويف
cavity resonance	طنين التجويف
laser cavity	تجويف ليزري
Channel	قناة
information channel	قناة معلومات
Characteristics	خصائص
Charge	شحنة
electron charge	شحنة الالكترون
charge carriers	حاملات الشحنة
Chip	رقيقة
Chromatic	لوني
chromatic dispersion	تشتيت اللون
Circuit	دائرة
Cladding	كساء
cladding mode	نمط كسائي
Cleave	يشق
Coaxial	محوري
Code	رمز / شفرة / نسق
coding	تشفير
Coefficient	معامل
reflection coefficient	معامل الانعكاس
Coherent	متماسك

coherent source	منبع متماسك
Collector	مُجمِّع
Collimator	مسدِّد
collimated beam	حزمة أشعة مسددة
collimator lens	عدسة مسددة
collimator rod	قضيب مسدد
Combine	يخلط / خلط
Communications	اتصالات
Compatible	متلائم
Compliant	لين / مطاوع
compliant plastic	بلاستيك لين
Composite	مركب
Compression	ضغط
Computer	حاسوب
Concave	مقعر
conccave mirror	مرآه مقعرة
Concentricity	تمركز
Condenser	مكثف
Conduction	توصيل
conduction band	نطاق التوصيل
conductor	موصل
conductance	توصيلية / ناقلية
Confine	يقيد / يحصر
confined emission	إنبعاث مقيد

Connector	موصل
Considerations	اعتبارات
Construction	بنية / بناء / انشاء
Contact	تلامس
Continuous	مستمر
Continuous wave	موجة مستمرة (متصلة)
Contrast	تباين
Control	سيطرة / تحكم
control circuit	دائرة تحكم
Convergence	تقارب
coverging rays	أشعة متقاربة
Converter	محوال
Coordinates	إحداثيات
Core	لب
core mode	نمط اللب
Corposcular	جسيمات / دقائق
Corrugate	مموج
corrugated aluminium sheath	غلاف ألومنيومي مموّج
Cosmic	كوني
Coupling	مقترن / اقتران / قارن
coupling efficiency	كفاءة اقتران
coupling ratio	نسبة الاقتران
coupler	مقرن
edge coupling	الاقتران الحافي

source coupling	اقتران المنبع
tapered coupler	مقرن مستدق
directional coupler	مقرن اتجاهي
surface coupler	مقرن سطحي
Creep	تزحف (زحف)
Crimp	حصر
Critical	حرج
critial angle	الزاوية الحرجة
Crosstalk	لغط
Crystal	بلورة
Current	تيار
driving current	التيار القائد / التيار التشغيلي
Curvature	تقوس
Cushioning	تخميد الصدمة / تحشية للوقاية
Cutoff	قطع
cutoff frequency	تردد القطع
Cycle	الدورة

D

Dark	قاتم / مظلم
dark current	تيار الظلام
Data	معطيات
data rate	معدل معطيات

data handling system	نظام تداول المعطيات
Decay	تناقص
Decision	قرار
decision circuit	دائرة قرار
Degradation	تداعي
signal degradation	تداعي جودة الإشارة
Delay	تأخر
delay distortion	تشوه التأخر
delay line	خط تأخير
Demodulation	إزالة التشكيل
Demultiplexer	مزيل تعدد الإرسال / مزيل التجميع
Depletion	استنفاد
depletion region	المنطقة الفقيرة
Deposition	تراكم
vopour deposition	تراكم بخاري
Design	تصميم
Destination	مقصد
Destructive interference	تداخل تهديمي
Detector	كاشف
light detector	كاشف ضوئي
coherent detection	كشف متماسك
Deviation	الانحراف
frequency deviation	انحراف التردد
Device	جهاز /أداة / نبيطة

Dichroic	تلواني
dichroic layer	طبقة تلوانية
Dielectric	مادة عازلة
Differenciate	يفاضل
Diffraction	إنعراج
diffraction grating	محرز إنعراج
Diffuse	منتشر
diffuse reflections	انعكاسات منتشرة
Digital	رقمي
digital system	نظام رقمي
Diode	ثنائي
Direct	مباشر
direct current	تيار مستمر
directional	اتجاهي
directional coupler	مقرن اتجاهي
directionality	اتجاهية
Discontinuity	انقطاع
impedance discontinuity	انقطاع الممانعة
Discrete	متقطع
Dispersion	تشتيت
dispersion shifted fiber	ليف مزاح التشتيت
angular dispersion	التشتيت الزاوي
material dispersion	تشتيت المادة
waveguide dispersion	تشتيت دليل الموجة

Dissipate	يبدد
Distortion	تشوه
signal distortion	تشوه الإشارة
Distribution	توزيع
distribution network	شبكة توزيع
Divergence	تباعد
divergence angle	زاوية التباعد
diverging rays	أشعة متباعدة
diverging source	منبع متباعد
Domain	مجال
Dome	قبة
Donor	مانح / معطي / واهب
donar atoms	ذرات واهبة / ذرات معطية
Dope	يطعم
Dopant	مادة التطعيم
doped- deposited - silica	سيليكا مطعمة بالتراكم
Doping	تطعيم
Drain	مصب
Drive	قيادة ، تشغيل
Drop	هبوط
voltage drop	هبوط الجهد
Duplex	مزدوج
Duration	دوام
pulse duration	مدة النبضة

Duty cycle	دورة التشغيل
Dynamic	حركي
Dynode	مصعد جانبي

E

Echo	صدى
Edge	حافة
edge encoder	مرمّز حافّي
edge emitting diode	ثنائي باعث حافي
edge emitters	باعثات حافية
Effective	فعّال
effective index of refraction	معامل الانكسار الفعّال
Efficiency	كفاءة
Electrical	كهربائي
electrical field vector	مركبة الحقل الكهربائي
Electron	إلكترون
photoelectron	إلكترون ضوئي
electromagnetic	كهروضغناطيسي
electronic	إلكتروني
electronic circuit	دائرة إلكترونية
electric circuit	دائرة كهربائية
Ellipticity	بيضاوية
Emission	انبعاث / بث
confined emission	انبعاث مقيّد

Emission	انبعاث / بث
confined emission	انبعاث مقيّد
spontaneous emission	انبعاث تلقائي
stimulated emission	انبعاث مثار
Emitter	باعث
light emitting diode (LED)	ثنائي باعث للضوء
emitter follower	تابع باعثي
Encapsulation	أغلفة/تغليف
Encoder	مرمز / مشفر
End	نهاية
end separation	تباعد نهايات
Energy	طاقة
energy barrier	حاجز الطاقة
energy level	مستوى الطاقة
gap energy	طاقة الثغرة
energized electromagnet	مغناطيس كهربائي منشط
Enhance	يعزّز
Epitaxial	طبقي
Epoxy	غراء
Equalizer	دائرة تسوية / مسو
Equivalent	مكافيء
Error	خطأ
error rate	معدل الخطأ
Etched	محفور
Evanescent	سريع الزوال / مضمحل
evanescent field	حقل سريع الزوال / حقل مضمحل

evanescent waves	موجات مضمحلة
Excited	مهيج
excited state	الحالة المهيجة
Excess	زائد / فائض
excess loss	فقد فائض / زائد
Excursion	تأرجح / جولة
Extrinsic	خارجي
extrinsic factors	عوامل خارجية

F

Factor	عامل
propagation factor	عامل الانتشار
modulation factor	عامل التشكيل
Fading	خمود
Falltime	زمن الهبوط أو النزول
Farfield diffraction	انعراج الحقل البعيد
Feedback	تغذية راجعة
Ferrule	طوق
Fiber	ليف
fiber system	نظام ليفي
fiber optics	بصريات الليف
fiber link	وصلة ليفية
fibered city	مدينة مليفة / مدينة تستخدم الألياف في اتصالاتها الداخلية

Field	حقل
Fill	تعبئة
Filter	مرشح
low pass filter	مرشح تمرير منخفض
optic filter	مرشح بصري
Flint	صوان
flint glass	زجاج صوّاني
Flared	قمعي / بوقي
flared openings	فتحات قمعية
Fluctuation	تراوح
Flux	جريان / تدفق
Focal point	نقطة بؤرية
Focus	بؤرة
focusing	تبئير
Format	صيغة
analog format	صيغة تماثلية
optic format	صيغة بصرية
Forward	أمامي
forward bias	إنحياز أمامي
Fracture	كسر
Fraunhofer diffraction	انعراج فرانهوفر
Frame	إطار / رتل
frame rate	معدل الأطر / الأرتال
Free	حر
free space	الفراغ الحر

Fresnel diffraction	انحراج فرسنل
Frequency	تردد
normalized frequency	التردد المقيّس
intermediate frequency	التردد المتوسط
frequency shift	إزاحة التردد
frequency deviation	انحراف التردد
frequency division multiplexing	تعدد الارسال بتقسيم التردد
frequency modulation (FM)	تشكيل تردد
Front end	المقدمة
Fusion	اندماج/ صهر
Function	تابع
work function	تابع العمل
Fundamental	أساس / جوهر
fundamental frequency	التردد الأساسي
Fuzzy	غائم / ضبابي
fuzzy picture	صورة غائمة

G

Gain	كسب / ربح
automatic gain control	التحكم الآلي بالكسب
Gap	ثغرة
gap energy	طاقة الثغرة
band gap	ثغرة النطاق
Gate	بوابة
Geometric effects	تأثيرات هندسية

Geometric optics	بصريات هندسية
Graded	متدرج
graded index	معامل الانكسار المتدرج
granded index fiber	الليف ذو معامل الانكسار المتدرج
Grating	محزّز
grating multiplexer	محزّز مجمّع
diffraction grating	محزّز الانعراج
grating coupling	اقتران محزّز
phase grating	محزّز طوري
bar grating	محزّز قضيبي
blazed reflection grating	محزّز انعكاس براق
Gravitation	الجاذبية الأرضية
gravitational acceleration	تسارع الجاذبية الأرضية
Groove	أخدود
Ground	أرضي
ground state	حالة أرضية
Guide	دليل
guiding layer	طبقة موجّهة
guided channel	قناة موجّهة
waveguide	دليل موجه

H

Halogenated	مهجنة
Harmonic	توافقية
harmonic distortion	تشويه التوافقيات

total harmonic distortion (THD)	تشويه التوافقيات الكلي
Heat	حرارة
heat sink	طارد حرارة
Hetero	غير متماثل / مختلف
heterojunction	وصلة غير متماثلة / غير متجانسة
heterodyne	تخفيقي (نظام هيتروداينى)
High pass filter	مرشح تمرير مرتفع
High voltage	ضغط عالي
Hole	فجوة
Homo	متماثل
homojunction	وصلة متماثلة / متجانسة
Hybrid	هجيني
Hydrolysis	التحليل المائي

I

Image	صورة
imaging system	نظام تصوير
Impedance	ممانعة
transimpedance	ممانعة عابرة
Impurity	شائبة
Incidence	سقوط
incident ray	شعاع ساقط
Index	معامل /دليل

modulation index	معامل التشكيل
refractive index	معامل الانكسار
index matching	موائمة معامل الانكسار
index matching liquid	سائل موائمة
Induction	حث
Information	معلومات
information capacity	سعة المعلومات
Infrared	تحت الحمراء
Input	دخل / مدخل
Insertion	إدخال
insertion loss	فقد الإدخال
Integrate	يكامل
integrated optics	بصريات متكاملة
Intensity	شدة
intensity modulation	تشكيل شدة
Interface	سطح بيني
Interference	تداخل
interference pattern	نمط التداخل
destructive interference	تداخل تهديمي
Intermodal dispersion	تشتيت باطني
Intersymbol interference	تداخل بين الرموز
Intrinsic	ضمني / نقي
intrinsic absorption	امتصاص ضمني
intrinsic semiconductor	شبه موصل نقي

Irradiance	سطوع
Isolate	يعزل

J

Jacket	غلاف واقٍ
Junction	وصلة
semiconductor junction	وصلة شبه موصل
junction photodiode	ثنائي ضوئي ذو الوصلة
PN juction	وصلة PN

K

Keyboard	لوحة مفاتيح
Keying	ابراق
on-off keying (OOK)	ابراق بالوصل والقطع
phase shift keying (PSK)	ابراق بإزاحة الطور
frequency shift keying (FSK)	ابراق بإزاحة التردد
Kinetic	حركي
kinetic energy	طاقة حركية

L

Lap	صقل
lap and polish	صقل وتلميع
Laser	ليزر
laser diode	ثنائي ليزري

Leakage	تسرب
leakage current	تيار التسرب
Lens	عدسة
lensed connector	موصل عدسي
lens coupled fiber	ليف ذو اقتران عدسي
Level	مستوى
power level	مستوى القدرة
Light	ضوء
light detector	كاشف ضوئي
light emitting diode	ثنائي باعث للضوء
lightwave	موجة ضوئية
Linearity	خطية
Linewidth	عرض الخط
Link	وصلة
telephone link	وصلة هاتفية
Load	حمل
load line	خط الحمل
Local area network (LAN)	شبكة حاسوب محلية
Lock - in	انحياس
lock-in phenomenon	ظاهرة الانحياس
Loss	فقد / خسارة
bending loss	فقد الانحناء
coupling loss	فقد الاقتران
tap loss	فقد التفرع

excess loss	فقد زائد
insertion loss	فقد الادخال
aberration loss	فقد الزيغ
area mismatch loss	فقد عدم التواؤم المساحي
lossy material	مادة فاقدة
loud speaker	مجهار

M

Macrobends	إنحناءات كبيرة
Macroscopic	يرى بالعين المجردة
Magnification	تكبير / تضخيم
Mandrel	عمود دوران المخرطة
Match	يوائم
Mate	يعشّق
mated connector	موصل معشّق
rematable attatchments	أربطة يمكن إعادة تعشيقها
Maximum acceptance angle	زاوية القبول القصوى
Measurements	قياسات
Mechanism	آلية
Message	رسالة
audio message	رسالة سمعية
Microbends	انحناءات دقيقة
Microphone	ميكروفون
Microprocessor	معالج صغري
Microwave	أمواج صغرية

Mobile	متحرك
mobile carrier	حاملة متحركة / ناقلة متحركة
Modal	نمطي
modal dispersion	تشتيت نمطي
Mode	نمط
mode mixing	اختلاط النمط
mode chart	خريطة النمط
mode energy	طاقة النمط
odd modes	أنماط فردية
modal distortion	تشوه نمطي
propagating mode	نمط منتشر
hybrid mode	نمط هجين
Modeling	نمذجة / محاكاة
Modulate	يشكّل / يعدّل
voice-modulated mirror	مرآة مشكلة صوتياً
Modulation	تشكيل / تعديل
modulation factor	عامل التشكيل
amplitude modulation	تشكيل الاتساع
analog modulation	تشكيل تماثلي
digital modulation	تشكيل رقمي
frequency modulation	تشكيل ترددي
intensity modulation	تشكيل الشدة
phase modulation	تشكيل طوري
pulse code modulation	تشكيل نبضي مرمّز

pulse duration modulation	تشكيل مدة النبضة
pulse position modulation	تشكيل موقع النبضة
refractive index modulation	تشكيل معامل الانكسار
modulated wave	موجة مشكلة
Modulus	معامل
Molecules	جزيئات
Monochromator	وحيد اللون
Monolithic	متراص
monolitic photodiode	ثنائي ضوئي متراص
Motor	محرك
Multimode fiber	ليف متعدد النمط
Multimode graded index fiber	ليف متعدد النمط بمعامل انكسار متدرج
Multimode step index fiber	ليف متعدد النمط بمعامل انكسار عتبي
Multiplexing	التجميع / تعدد الارسال
frequency division multiplexing(FDM)	تعدد الارسال بتقسيم التردد
wavelength division multiplexing	تعدد الارسال بتقسيم الطول الموجي
wavelength multiplexed systems	أنظمة تعدد الارسال حسب طول الموجه
grating multiplexer	محزِّز مجمِّع/محزز تعدد الارسال

N

Near field diffraction	إنعراج الحقل القريب
Network	شبكة
Node	نقطة التقاء
Noise	ضوضاء
noise figure	رقم الضوضاء

shot noise	ضوضاء الطلقة
excess noise	ضوضاء زائدة
modal noise	ضوضاء النمط
noise equivalent power (NEP)	القدرة المكافئة للضوضاء
thermal noise	الضوضاء الحرارية
Normalized frequency	مقيّس
normalized frequency	تردد مقيّس
Numerical	عددي
numerical aperture	فتحة النفوذ العددية

O

Offset	انزياح / تخالف
Operate	يُشَغِّلْ
operating current	تيار التشغيل
operating characteristics	خواص التشغيل
operational amplifier	مضخم تشغيلي
Optical	بصري
optical filter	مرشح بصري
optical time domain reflectometer	جهاز قياس الانعكاس البصري في المجال الزمني
Optics	بصريات
fiber optics	بصريات الليف
optical fibers	الألياف البصرية
integrated optics	البصريات المتكاملة

Orbit	مدار
Oscillate	يتذبذب
R.F. oscillator	متذبذب تردد راديوي
Oscilloscope	راسم ذبذبات
Outershell	مدار خارجي
Output	خرج / مخرج
Ovality	إهليجية
Overlap	متراكب
overlap connector	موصل متراكب
Overtone	توافقية
overtone band	نطاق التوافقيات

P

Package	عبوة
dual in line package	عبوة مزدوجة الخط
Packing fraction loss	فقد الرزم
Porabolic	ذي قطع مكافيء
Parameter	مَعْلَمة
Parasitic	طفيلي
parasitic capacitance	سعة طفيلية
Particle	جسيم
Passband	نطاق مرور
Pattern	مخطط / نمط / نموذج
radiation pattern	مخطط الإشعاع
speckle pattern	مخطط البقع

interference pattern	مخطط تداخل
Peak	ذروة / قمة
peak power	القدرة عند القمة
peak excursion	تأرجح القمة
Period	دور
Periodical	دوري
Phase	طور
phase difference	فرق الطور
Photon	فوتون
photodiode	ثنائي ضوئي
photodetector	كاشف ضوئي
photoelectron	الكترون ضوئي
photolithography	الطباعة بالتصوير الضوئي
photomultiplier	مضاعف ضوئي
photovoltaic	فولت ضوئي
Piezoelectric	كهروضغطي
peizoelectric effect	تأثير كهروضغطي
Pinch off voltage	جهد البتر
PIN diode	ثنائي PIN
Pitch	خطوة
quarter pitch lens	عدسة ربعية الخطوة
Plastic clad fiber	ليف بكساء بلاستيكي
Plane	مستوى
plane wave	موجة مستوية

planar surface	سطح مستو
Plug	قابس
Polarization	استقطاب
Polarity	قطبية
Polarized wave	موجة مستقطبة
Polish	تلميع
lap and polish	صقل وتلميع
Polymers	لدائن / بوليمرات
Population inversion	انقلاب سكاني
Porous	مسامي
Potential	كمون / كامن
potential difference	فرق كمون
potential energy	طاقة كامنة
potential energy barrier	حاجز طاقة كموني
Power	قدرة
Preferential	تفضيلي
preferential attenuation	توهين تفضيلي
Preform	تشكيلة أولية
Prism	موشور
sliding prism	موشور منزلق
Processor	معالج
Profile	منظر جانبي
Propagation	انتشار
propagation factor	عامل الانتشار

Properties	صفات / خواص
P.Type material	مادة نوع P
Pulse	نبضة
pulse spreading	انبساط النبضة
pulse train	قطار / سلسلة / نبضات
pulsed laser	ليزر منبّض

Q

Quantum	كَمّ
quantum limited	محدود بالكَمّ
quantum efficiency	كفاءة الكَمّ
Quantize	يكمي

R

Radian	راديان
Radiation	إشعاع
radiation pattern	مخطط الاشعاع / نمط الاشعاع
Radiator	مُشِعّ
Radio	راديو
radio frequency (R.F.)	تردد راديو
R.F.sputtering	الذر بالتردد الراديوي
radio station	محطة إذاعة
Raleigh scattering	إنتشار رالي
Random	عشوائي
Range	مدى

Rate	معدّل
bit error rate (BER)	معدل خطأ البتّات
bit rate	معدل البتّات
data rate	معدل المعطيات
Ratio	نسبة
coupling ratio	نسبة الاقتران
splitting ratio	نسبة الانشطار
Ray	شعاع
tapered ray	شعاع محصور
ray optics	بصريات الشعاع
Reactance	مفاعلة
Receiver	جهاز استقبال / مستقبل
Receptacle	مقبس
Recombine	يتحد / يجمع
recombination region	منطقة الاتحاد
stimulated recombination	اتحاد مثار
Rectangle	مستطيل
Redundancy	زيادة عن الحاجة / فيضية
redundant information	معلومات فائضة
Reflection	إنعكاس
reflection angle	زاوية الانعكاس
reflection of light	إنعكاس الضوء
Refraction	إنكسار
refraction angle	زاوية الانكسار

refractive index	دليل الانكسار
refraction of light	انكسار الضوء
Region	منطقة
Relay	مرحل
Reliability	موثوقية / وثوقية / اعتمادية
Repeater	مكرّر
Repetition	تكرار
Representative	تمثيلي
Reproducibility	تكرارية معيارية
Resistance	مقاومة
Resistor	مقاومة
Resonance	طنين
resonance frequency	تردد الطنين
Response	إستجابة
response curve	منحنى الاستجابة
responsivity	إستجابية
Restrictions	قيود
Retention clip	مشبك احتجاز
Reverse bias	انحياز عكسي
Reverse breakdown voltage	جهد الانهيار العكسي
Ribbon	شريط
Rise time	زمن الصعود

S

Sample	عينّة
sampling	اعتيان
samplinge rate	معدل الاعتيان
Sandwitching	تصفيف
Satellite	ساتل
Saturation	تشبع
Scale	مقياس
scale factor	عامل المقياس
Scatter	ينثر / يتناثر
scattering objects	أجسام متناثرة
Mie scattenng	انتثار ماي
scribe and break	الخدش والقطع
scribe	خدش
Segnents	أجزاء
Sensor	محساس / مجس
Semiconductor	شبه موصل
semiconductor junction	وصلة شبه موصلة
Shell	مدار
electron shell	مدار إلكتروني
Shift	إنزياح / إزاحة
phase shift	إزاحة الطور
Shielding	تحجيب
Shot	طلقة

shot niose	ضوضاء الطلقة
Signal	إشارة
signal to noise ratio	نسبة الإشارة إلى الضوضاء
Signalling	التشوير
signalling pulses	نبضات التشوير
signalling rate	معدّل التشوير
signal processing	معالجة الإشارة
Single mode fiber	ليف أحادي النمط
Sinking	طرْح
heat sinking	الطرح الحراري
Sinter	يتلبد
Sinusoid	جيبي
Skew	منحرف
skewrays	أشعة منحرفة
Skin effect	تأثير الجلد
Slab	طبقة
slab waveguide	دليل موجة طبقي
Sleeve	جلبة /كُم
precision sleeve	جلبة ضبط
Slot	شِقْ
time slot	الشق الزمني
Solid	صلب
solid state	الحالة الصلبة
Soliton	نبضة طبيعية

Soot	مواد مترسبة
Source	منبع / مصدر
Space	فراغ / حيز / فضاء
free space	الفراغ الحر
empty space	الخلاء
Spacer charge region	منطقة الشحنة الفراغية
Speaker	مجهار
Specifications	مواصفات
Speckle	بقعة / لطخة
speckle pattern	نمط البقع
Spectral	طيفي
spectral analysis	تحليل الطيف
spectral width	العرض الطيفي
spectral response	الاستجابة الطيفية
Spectrum	طيف
Speed	سرعة
Spin	يغزل / مغزل/ يدور
Splice	وصل دائم / غير مؤقت
adhesive splicing	الوصل الدائم باللصق
splices and connectors	وصلات دائمة وموصلات
Split	يشطر
splitting ratio	نسبة الانشطار
beam splitting plate	صفيحة شطر الحزمة
beam splitting cube	مكعب شطر الحزمة

Spontaneous	تلقائي
spontaneous emission	انبعاث تلقائي
Spool	ملف
Spot	بقعة
Spread	انبساط
pulse spread	انبساط النبضة
modal spread	الانبساط النمطي
beam spread	انبساط الحزمة
wave length spread	انبساط طول الموجة
frequency spread	انبساط التردد
Stable	مستقر
State	حالة
ground state	حالة أرضية
excited state	حالة مهيّجة
Standard	معياري / قياسي
Step	درجة / قفزة
step signal	إشارة قفزة
step index fiber	ليف ذو معامل انكسار عتبي
Stimulated	مثار
stimulated emission	إنبعاث مثار
stimulated photon	فوتون مثار
stimulated recombination	إتحاد مثار
Strain	انفعال
Strand	خصلة

Stray	شارد
stray capacitance	سعة شاردة
Stress	إجهاد
Strip	شريط
stripe contact	تماس شريطي
stripe contact laser diode	ثنائي ليزري ذو تماس شريطي
Subcarrier	حامل فرعي
Submarine	مغمور / بحري
submarine cable	كابل بحري
Substitution	تعويض
Substrate	طبقة تحتية
Superheterodyne	خفاق فوقي
Surface	سطح
surface emitters	باعثات سطحية
planar surface	سطح مستوي
Switch	مفتاح
electro -optic switch	مفتاح كهروبصري
switching mechansism	آلية التبديل
switching speed	سرعة التبديل
Symmetric	متناظر
Synchronize	يزامن
System(s)	نظام (أنظمة)

I

Tap	تفرُّع / تفريع
tap loss	فقد التفرع / التفريع
Tapered	مُستدق
tapered coupler	مقرن مستدق
Technical	تقني
Technology	تكنولوجيا / تقنية
Telephone	هاتف
Telegraph	تلغراف
Television	تلفزيون
cable television	تلفزيون يستقبل الإشارة عن طريق كابل
boadcast television	تلفزيون يستقبل الإشارة عن طريق الهوائي
Tensile	شَـدْ
tensile strength	قوة الشد
Terminal	نهاية طرفية
Thermo	حراري
themoelectric	كهروحراري
thermistor	مقاومة حرارية / ثيرمستور
Threshold	عتبة
threshold current	تيار العتبة
Tilt	إنحدار
tilt angle	زاوية الانحدار
Time	زمن / وقت
time division multiplexing	تجميع أو تعدد بتقسيم الزمن

Tolerance	تفاوت
Tolerate	يحتمل
Tone	نغمة
Total internal reflection	انعكاس داخلي كلي
Toxicity	سمية
Transconductance	مواصلة عابرة
Transducer	محول طاقة
Transfer	نقْـل
transfer characteristics	خواص النقل
Transformer	محول
Transistor	ترانزستور
Transit	عبور
transit time	زمن العبور
transition	انتقال
transition metal ions	أيونات العبور للمعدن
transimpedance	ممانعة عابرة
Translucent	شاف (نصف شفاف)
Transmission	إرسال / نقل
Transmitter	جهاز إرسال / مرسل
Transparent	شفاف
Transverse	عرضي
transverse magnetic polarization	استقطاب مغناطيسي عرضي
transverse mode	نمط عرضي
Trunk	وصلة طويلة

Tube	أنبوب
loose tube cable	كابل ذو أنبوب غير مقيد
fiber cable	كابل ليفي
photo emissive tube	أنبوب باعث ضوئي
Tune	يولف
tuned amplifier	مكبر مولف
Twist	تضفير / تجديل
Type	نوع
Typical	نموذجي

U

Ultraviolet	فوق البنفسجية
Unbounded	غير محدد
unbounded medium	وسط غير محدد
Uniform	منتظم
uniform plane wave	موجة مستوية منتظمة
Unipolar	وحيد القطبية

V

Vacuum	تفريغ / فراغ
vacuum evaporation	التبخير بالتفريغ
Valence	تكافؤ
valence band	نطاق التكافؤ
Vapor	بخار

Velocity	سرعة
Vibration	اهتزاز
Video	ڤيديو
video signal	إشارة ڤيديوية
Viewing	رؤيـة
viewing angle	زاوية الرؤية
viewing direction	إتجاه الرؤية
Visible	مرئي
Voltage	جهد
voltage drop	هبوط الجهد

W

Wave	موجة
waveguide	دليل موجة
wavenumber	العدد الموجي
wavelength division multiplexing	تجميع تقسيم الطول الموجي
Wire	سلك
Wireless	لاسلكي
Wrap	تغليف

X

X - ray	أشعة سينية