

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP



TÀI LIỆU THÍ NGHIỆM
TRUYỀN THÔNG CẤP QUANG

Module MCM40/EV

(Tài liệu hướng dẫn cho giáo viên/sinh viên)

HỌC PHẦN : THÔNG TIN QUANG
MÃ SỐ HỌC PHẦN : TEE0469
SỐ TÍN CHỈ : 03 TC

BỘ MÔN ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG

TÀI LIỆU THÍ NGHIỆM

HỌC PHẦN : THÔNG TIN QUANG
MÃ SỐ HỌC PHẦN : TEE0469
SỐ TÍN CHỈ : 03 TC
GV HƯỚNG DẪN : THS. LÊ THỊ HUYỀN TRANG

TRƯỞNG BỘ MÔN
Điện tử viễn thông

TRƯỞNG KHOA ĐIỆN TỬ

TS. TRẦN ANH THẮNG

PGS. TS. ĐÀO HUY DU

MỤC LỤC

Phần I. THÍ NGHIỆM	8
QUY TẮC AN TOÀN	8
BÀI 1: MÔ TẢ VỀ MODUL MCM40/EV	9
1.1. Thành phần	9
1.2. Mô tả về modul.....	9
BÀI 2: CẤP QUANG (I)	12
2.1. Mục đích thí nghiệm.....	12
2.2. Cơ sở lý thuyết.....	12
2.2.1. Giới thiệu	12
2.2.2. Cấu trúc	13
2.2.3. Sự truyền ánh sáng trong sợi quang	15
2.2.4. Khẩu độ số	17
2.3. Thí nghiệm.....	18
2.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	18
2.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	19
BÀI 3: CẤP QUANG (II).....	23
3.1. Mục đích thí nghiệm.....	23
3.2. Cơ sở lý thuyết.....	23
3.2.1. Giới thiệu	23
3.2.2. Phương thức tán sắc.....	25
3.2.3. Giảm tán sắc: Dùng các sợi có chiết suất giảm dần và sợi đơn mode.....	27
3.2.4. Nửa tán sắc	28
3.2.5. Suy hao	29
3.2.6. Bảng thông.....	31
3.2.7. Bảng tổng hợp về các sợi quang.....	32
3.2.8. Đặc điểm của sợi quang quy định theo các module	33

3.3. Thí nghiệm.....	35
3.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	35
3.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	35
BÀI 4: ĐẦU NỐI SỢI QUANG.....	38
4.1. Mục đích thí nghiệm.....	38
4.2. Cơ sở lý thuyết.....	38
4.2.1. Giới thiệu	38
4.2.2. Hàn sợi quang	38
4.2.3. Connectors	41
4.3. Thí nghiệm.....	42
4.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	42
4.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	42
BÀI 5: NGUỒN QUANG.....	46
5.1. Mục đích thí nghiệm.....	46
5.2. Cơ sở lý thuyết.....	46
5.2.1. Giới thiệu	46
5.2.2. LED	46
5.2.3. Điốt Laze	47
5.2.4. Nguồn để nối sợi quang.....	49
5.3. Thí nghiệm.....	51
5.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	51
5.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	51
BÀI 6: BỘ THU QUANG	54
6.1. Mục đích thí nghiệm.....	54
6.2. Cơ sở lý thuyết.....	54
6.2.1. Giới thiệu	54
6.2.2. Bộ thu quang PN và PIN	54
6.2.3. Điốt quang thác (APD – Avalanche Photodiodes)	56

6.2.4. Kết nối sợi quang.....	59
6.2.5. Khuếch đại tín hiệu sau bộ tách sóng	59
6.3. Thí nghiệm.....	61
6.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	61
6.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	61
BÀI 7: GIỚI THIỆU HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG.....	65
7.1. Mục đích thí nghiệm.....	65
7.2. Cơ sở lý thuyết.....	65
7.2.1. Giới thiệu	65
7.2.2. Hệ thống truyền thông kỹ thuật số	66
7.2.3. Hệ thống truyền thông tương tự	68
7.2.4. Xác định kích thước đường dẫn	68
7.3. Thí nghiệm.....	71
7.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	71
7.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	72
BÀI 8: HỆ THỐNG THÔNG TIN LIÊN LẠC SỐ	73
8.1. Mục đích thí nghiệm.....	73
8.2. Cơ sở lý thuyết.....	73
8.2.1. Giới thiệu	73
8.2.2. Bộ phát.....	73
8.2.3. Bộ thu	75
8.3. Thí nghiệm.....	76
8.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	76
8.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	76
BÀI 9: MÃ HÓA VÀ TRUYỀN DỮ LIỆU	82
9.1. Mục đích thí nghiệm.....	82
9.2. Cơ sở lý thuyết.....	82
9.2.1. Mã hóa Manchester/ Mã lưỡng cực.....	82

9.2.2. Giải mã hóa Manchester/ Bi-Phase	84
9.2.3. Giao diện V24/RS232C	86
9.3. Thí nghiệm.....	87
9.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	87
9.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	87
BÀI 10: GHÉP KÊNH TÍN HIỆU SỐ	93
10.1. Mục đích thí nghiệm.....	93
10.2. Cơ sở lý thuyết.....	93
10.2.1. Giới thiệu	93
10.2.2. Sơ đồ khối của hệ thống Multiplex/ Demultiplex	94
10.2.3. Multiplexer	95
10.2.4. Demultiplexer	96
10.3. Thí nghiệm.....	97
10.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	97
10.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	97
BÀI 11: TRUYỀN TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ	105
11.1. Mục đích thí nghiệm.....	105
11.2. Cơ sở lý thuyết.....	105
11.2.1. Giới thiệu	105
11.2.2. Điều chế FM	106
11.2.3. Giải điều chế FM	107
11.3. Thí nghiệm.....	109
11.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	109
11.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	109
BÀI 12: HỆ THỐNG GIAO TIẾP AUDIO/VIDEO	115
12.1. Mục đích thí nghiệm.....	115
12.2. Cơ sở lý thuyết.....	115
12.2.1. Điều chế cường độ.....	115

12.2.2. Tín hiệu điều khiển analog	116
12.2.3. Thu tín hiệu analog.....	117
12.2.4. Bộ ghép kênh Audio/Video	118
12.2.5. Bộ tách kênh Audio/Video	118
12.2.6. Nguồn audio và bộ tạo tín hiệu video.....	119
12.3. Thí nghiệm.....	120
12.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm	120
12.3.2. Nội dung bài thí nghiệm	120
Phần II. VIẾT BÁO CÁO THÍ NGHIỆM	127
1. Quy định chung	127
2. Nội dung báo cáo	127
Phần III. ĐÁNH GIÁ CHẤM ĐIỂM, BẢO VỆ THÍ NGHIỆM.....	127

Phần I. THÍ NGHIỆM

QUY TẮC AN TOÀN

Giữ tài liệu này để tham khảo thêm.

Sau khi mở thiết bị, hãy ghi lại tất cả các phụ kiện để tránh bị mất. Kiểm tra xem modul có đầy đủ và có bị hư hại không.

Trước khi cấp nguồn cho modul với giá trị điện áp $\pm 12V$, cần kiểm tra lại xem dây cáp điện đã được kết nối chuẩn xác với nguồn cung cấp hay chưa.

Sử dụng thiết bị này dành riêng cho mục đích thiết kế và giáo dục; hơn nữa nó phải được sử dụng bởi một đội ngũ nhân viên có tay nghề cao. Bất kỳ một cách sử dụng nào khác là không thích hợp, vì nó rất nguy hiểm. Nhà sản xuất không chịu trách nhiệm cho bất kỳ một hư hại nào do sử dụng không đúng, có sai sót hoặc không hợp lý.

Biện pháp phòng ngừa

Trước khi sử dụng cáp sợi quang hoặc các thành phần quang khác, cần tuân theo các hướng dẫn chung dưới đây:

- Không nhìn vào bộ nối của nguồn quang khi chúng đang hoạt động. Thậm chí nếu không có gì có thể nhìn thấy, bởi vì bước sóng phát ra có thể vượt quá phổ nhìn thấy được của mắt, nó có thể gây nguy hại cho thị lực.

- Không uốn cong cáp sợi quang với vòng quá hẹp, vì sợi bên trong có thể bị gãy hoặc bị hư hỏng. Bán kính uốn cong tối thiểu là khoảng 2cm.

- Sau khi kết thúc bài kiểm tra, lắp các nắp thích hợp vào các đầu kết nối của dây cáp quang, để bảo vệ các đầu nối của sợi khỏi bụi bẩn.

- Làm sạch các đầu nối một cách thường xuyên với bông thấm cồn.

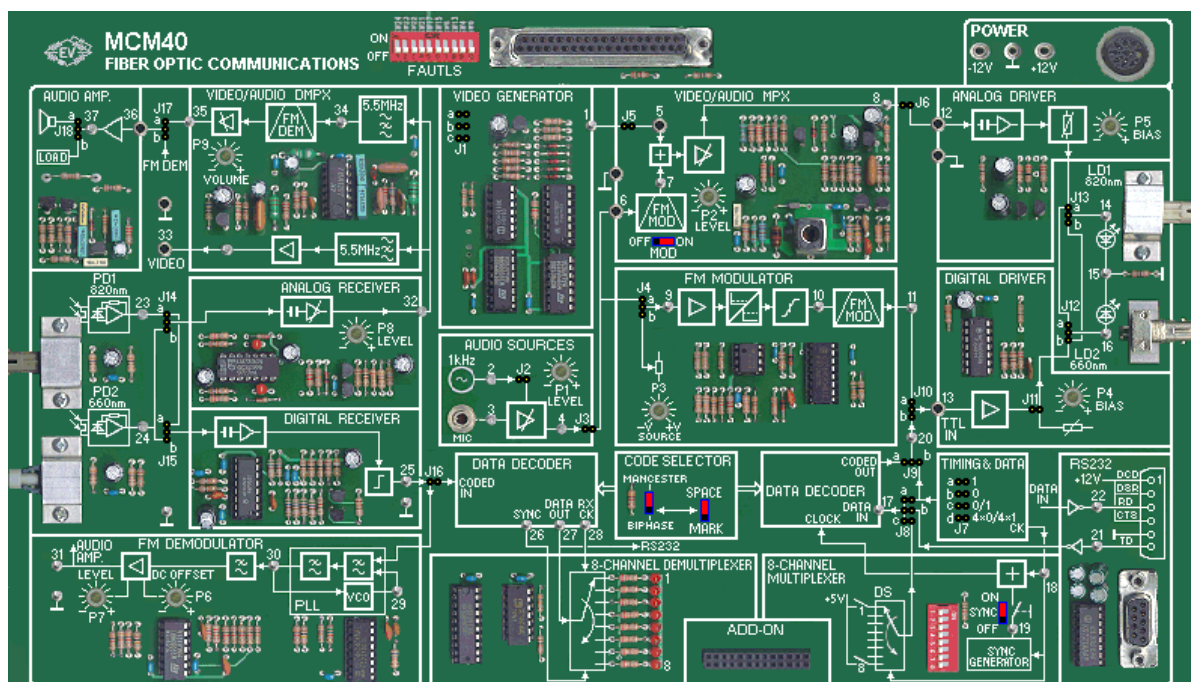
- Sợi mà không kết nối phải để cẩn thận. Nhất là đối với các mảnh sợi đã mất lớp vỏ bọc có thể gây nguy hiểm nếu chúng vào mắt, da, hoặc nếu nuốt phải.

BÀI 1: MÔ TẢ VỀ MODUL MCM40/EV

1.1. Thành phần

Hệ thống cho việc nghiên cứu cáp sợi quang (hình 1.1) bao gồm:

- Modul MCM40
- Cáp quang 1: Chiết suất bậc, sợi nhựa, 1000 μm , dài 1,5m
- Cáp quang 2: Chiết suất bậc, sợi nhựa, 1000 μm , dài 5m
- Cáp quang 3: Chiết suất bậc, sợi thủy tinh, 200/230 μm , dài 3m
- Cáp quang 4: Chiết suất biến đổi, sợi thủy tinh, 50/125 μm , dài 3m
- Cáp quang 5: Đơn mode, sợi thủy tinh, 10 μm , dài 3m
- Cáp quang 6: Nối chiều dài của sợi nhựa với đầu nối ST-Snap_In HP
- 1 đầu chuyển đổi ST-ST
- 1 microphone.
- *Linh kiện tùy chọn:* Đồng hồ đo công suất quang.



Hình 1.1 Modul MCM40

1.2. Mô tả về modul

Modul MCM40 (hình 1.2) gồm có các thành phần sau:

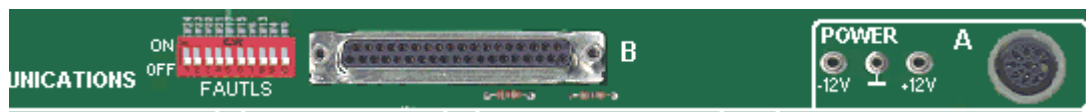
- Nguồn tín hiệu:

- + Máy phát số liệu TTL: 0/1/1&1/4x0&4x1
- + Máy phát âm thanh tại 1 kHz
- + Microphone
- + Máy phát hình ảnh
- + Giao diện RS232
- + Điện áp 1 chiều
- Bộ mã hóa tín hiệu:
 - + Mã hóa dữ liệu: Manchester; Bi-Phase Mark/Space
 - + Ghép kênh TDM với 8 kênh
 - + Ghép hình ảnh + âm thanh gồm có một bộ điều chế âm thanh (FM tại 5,5MHz) và bộ kết hợp âm thanh + hình ảnh
 - + Bộ điều chế FM
- Mạch phát số và tương tự của nguồn quang
- Nguồn quang sử dụng LED tại bước sóng 660nm và 820nm
- Bộ tách sóng quang sử dụng Photodiode tại bước sóng 660nm và 820nm
- Mạch thu số và tương tự
- Bộ giải mã tín hiệu:
 - + Giải mã số liệu: Manchester; Bi-Phase Mark/Space
 - + Giải ghép kênh TDM với 8 kênh
 - + Giải ghép hình ảnh + âm thanh gồm có một bộ tách và giải điều chế âm thanh (FM tại 5,5MHz)
 - + Bộ giải điều chế FM
- Bộ khuếch đại âm thanh đưa ra loa.

Các thành phần trên có thể kết nối với nhau để thiết lập các mạch và các hệ thống liên lạc bằng sợi quang.

Các khối được cấp điện áp +5V lấy từ bộ nguồn $\pm 12V$ tích hợp trên modul MCM40.

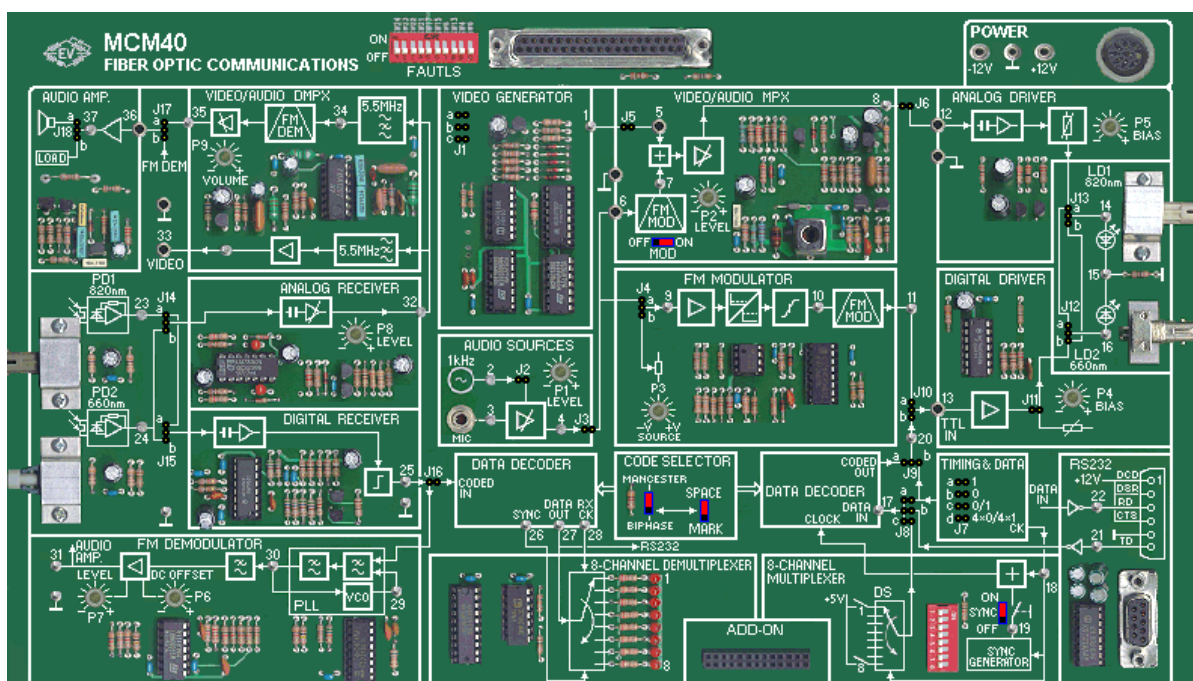
Đầu nối A phải được kết nối với các đơn vị điều khiển riêng SIS1/SIS1C, SIS2 hoặc SIS3 (tham khảo trong Sổ tay dịch vụ, quyển 2/2).



Điện áp cung cấp và tín hiệu dùng cho bộ ghép kênh và giải ghép kênh TDM được đánh dấu tại đầu nối C (Add-on) (tham khảo về mô tả sơ đồ điện tại Sổ tay dịch vụ, quyển 2/2). Kết nối này có thể được sử dụng trong các ứng dụng sau này.



Thiết bị chuyển mạch SW (nếu có) có chức năng giống như của đơn vị SIS1. Nó sẽ đưa ra các lỗi trong mạch hoạt động, được kích hoạt theo những gì đã mô tả trong bài tập và phải đặt chế độ OFF mỗi khi bắt đầu một bài tập nào đó.



Hình 1.2 Sơ đồ khối của modul MCM40

BÀI 2: CẤP QUANG (I)

2.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả cấu trúc của cáp quang.
- Mô tả ánh sáng truyền như thế nào trong sợi quang.
- Giải thích khái niệm về Góc tiếp nhận và Khẩu độ số.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/PS1
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS3/SIS2 hoặc SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40

2.2. Cơ sở lý thuyết

2.2.1. Giới thiệu

Trong các hệ thống truyền thông tin liên lạc truyền thống, thông tin thường được mang bởi các tín hiệu điện hoặc tín hiệu điện từ. Nhưng trong những năm qua một kỹ thuật mới của truyền thông tin qua tín hiệu quang đã phát triển. Thành phần cần thiết của các hệ thống này là chứa đựng tín hiệu quang và truyền dẫn từ nguồn tới đích. Chức năng này được thực hiện bằng cáp sợi quang.

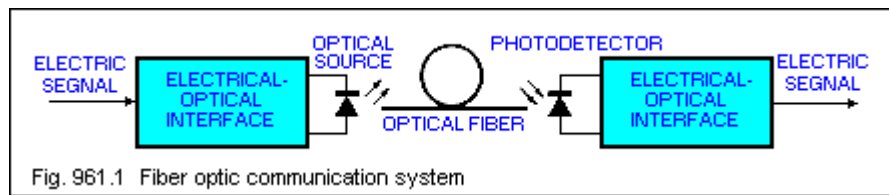
Hệ thống truyền thông cáp sợi quang cung cấp nhiều lợi thế hơn so với cáp thông thường, đó là:

- Băng thông rộng hơn, do đó khả năng truyền cao hơn.
- Có khả năng chống lại nhiễu điện từ trường.
- Không bức xạ.
- Kích thước nhỏ hơn.
- Ít suy hao; điều này cho phép liên kết với khoảng cách xa hơn mà không cần có bộ khuếch đại trung gian.

Các thành phần chính của một hệ thống truyền thông cáp quang (hình 2.1):

- Cáp sợi quang.
- Bộ chuyển đổi điện-quang và nguồn quang.

- Bộ tách sóng quang và bộ chuyển đổi quang-điện.



Hình 2.1 Hệ thống truyền thông cáp quang

2.2.2. Cấu trúc

Nguyên liệu thô của sợi quang phải là trong suốt đối với ánh sáng phát ra từ nguồn phát bao gồm cả trong máy phát. Nhưng giới hạn sợi quang là chung chung như là mối quan tâm đến các loại cáp với chất liệu sợi khác nhau (thủy tinh, nhựa, v.v...), kích cỡ và hiệu suất khác nhau (ví dụ, độ suy hao thấp hơn từ 1dB/km đến vài trăm dB/km).

Sợi quang

Cấu trúc cơ bản cho phép truyền ánh sáng được gọi là sợi quang: nó bao gồm có lõi và vỏ. Nhưng kết cấu này rất dễ gãy theo quan điểm cơ học; do đó nó sẽ được tăng cường thêm các lớp phủ bảo vệ khác nhau: kết quả ta có là sợi cáp quang đơn. Nhiều sợi cáp quang đơn hợp lại thành dây cáp quang nhiều sợi.

Lõi và vỏ

Do sợi quang và cáp không cùng một chất liệu đồng nhất, mà nó bao gồm những vật liệu có đặc tính khác nhau. Bộ phận trung tâm của sợi là lõi: nó bao gồm một hình trụ trong suốt có chiết suất n_1 . Một lớp khác đồng trục với chất liệu trong suốt có chiết suất n_2 (nhỏ hơn so với lõi) được bọc xung quanh lõi. Đoạn tiếp theo sẽ giải thích tình trạng này là cần thiết để hạn chế năng lượng ra khỏi lõi. Lớp này được gọi là lớp vỏ và hoàn thành cấu trúc của sợi làm nhiệm vụ như là một ống dẫn sóng quang học. Lưu ý rằng lõi và vỏ không thể tách ra và nói chung nó bao gồm chất liệu giống nhau (thủy tinh-thủy tinh or plastic-plastic). Đôi khi chúng có thể làm bằng các chất liệu khác (lõi bằng thủy tinh và vỏ bằng plastic), ví dụ trong cáp PCS (nhựa bọc silica). Có một số kích thước điển hình của lõi và lớp vỏ của sợi quang như sau:

- Sợi plastic:
 - + Đường kính lõi: 480, 1000 μ m
 - + Đường kính vỏ: 500, 1000 μ m
- Sợi chiết suất nhảy bậc:
 - + Đường kính lõi: 100, 200 μ m

- + Đường kính vỏ: 140, 230 μm
- Sợi chiết suất biến đổi đều:
 - + Đường kính lõi: 50, 62.5 μm
 - + Đường kính vỏ: 125 μm
- Sợi đơn mode:
 - + Đường kính lõi: 10 μm
 - + Đường kính vỏ: 125 μm

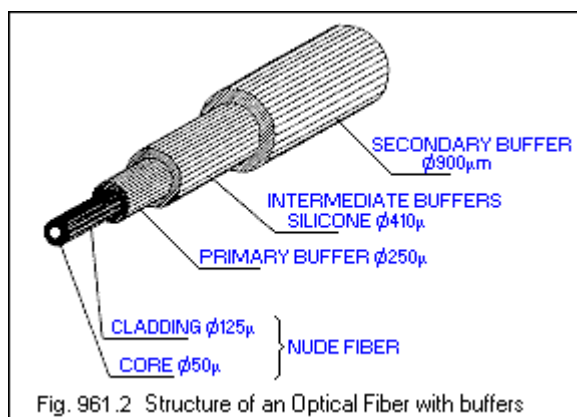
Các kích thước của lõi và lớp vỏ được chỉ định với giá trị của hai đường kính (μm) cách nhau bởi một dấu gạch. Ví dụ: sợi 5/125 có nghĩa là sợi này có đường kính lõi là 50 μm và đường kính vỏ là 125 μm .

Lớp phủ đệm

Kết cấu cơ học của sợi là quá mong manh, do đó nó được gia cố bằng các lớp phủ khác nhau. Nói chung các lớp gồm có (hình 2.2):

- Lớp phủ đệm sơ cấp (đầu tiên), lớp nhựa epoxy (đường kính 250 μm với đường kính vỏ là 125 μm)
- Lớp phủ đệm trung gian, silicone (đường kính là 410 μm)
- Lớp phủ đệm thứ cấp, plastic (đường kính 900 μm).

Một lớp phủ, là cơ sở để xây dựng lên cáp quang đơn hoặc đa sợi.

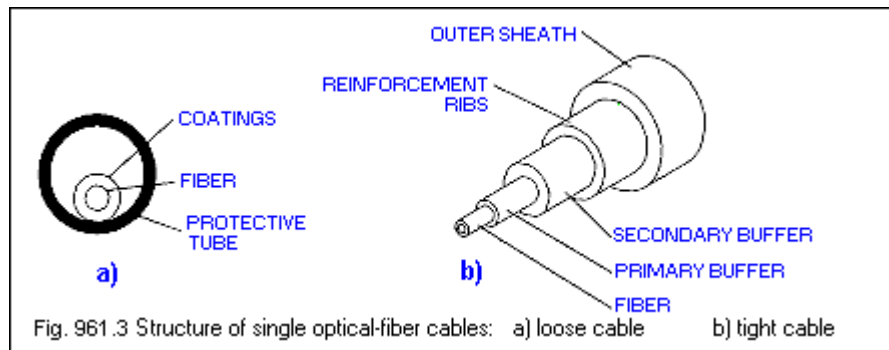


Hình 2.2 Cấu trúc của sợi quang

Cáp quang đơn sợi

Cáp quang đơn sợi bao gồm sợi cơ bản gồm có lõi, vỏ và lớp phủ đệm sơ cấp, chúng có thể được xây dựng theo hai loại cấu trúc chính:

- Cấu trúc lỏng (hình 2.3a)
- Cấu trúc đệm chặt (hình 2.3b)

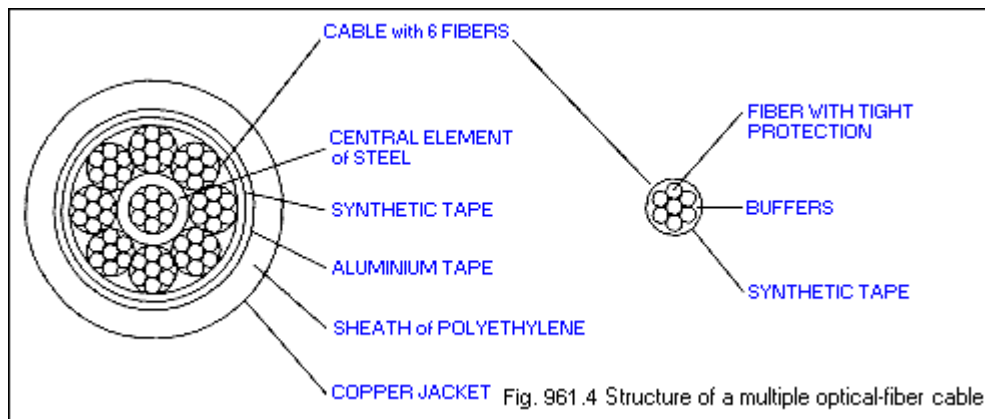


Hình 2.3 Cấu trúc của cáp quang đơn sợi

Trong trường hợp đầu tiên các sợi phủ sẽ được đưa vào trong ống nhựa để bảo vệ. Đôi khi ống này cũng được lấp đầy hợp chất polyurethane ngăn ngừa sự xâm nhập của nước mà không cần kẹp sợi. Cấu trúc này sử dụng cho các liên kết thông tin liên lạc đường dài và cho phép một sự dịch chuyển nhất định của sợi; vì thế nó có thể giãn nở hoặc co lại, do thay đổi nhiệt độ hoặc tác động cơ học, có thể được bù đắp. Trong trường hợp khác, bảo vệ hơn nữa, có thêm sợi gia cường và thêm các lớp vỏ bên ngoài.

Cáp quang đa sợi

Bên cạnh cáp quang đơn sợi, cũng có cáp quang đa sợi được xây dựng: mỗi cáp bao gồm vài sợi đến vài trăm sợi. Hình 2.4 chỉ ra cấu trúc của cáp quang với 56 sợi.



Hình 2.4 Cấu trúc của cáp quang đa sợi

2.2.3. Sự truyền ánh sáng trong sợi quang

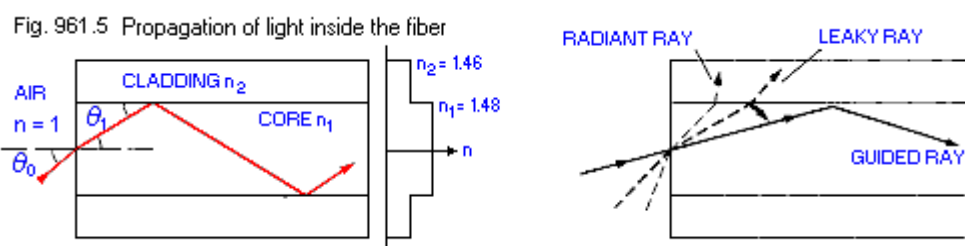
Sợi có chiết suất nhảy bậc có thể được xem xét để mô tả quá trình ánh sáng truyền bên trong sợi. Trong loại sợi này, chỉ số chiết suất trải qua một bước biến đổi giữa lõi và vỏ, nó giữ không thay đổi trong lõi. Có 2 loại sợi: sợi đơn mode và sợi có chiết suất biến đổi sẽ được mô tả trong phần tiếp theo.

Sự truyền ánh sáng trong sợi có thể phân tích gần đúng theo quang hình (phân tích chính xác hơn nữa ta sẽ dùng phương trình Maxwell). Ánh sáng truyền qua theo định luật phản xạ ánh sáng tại bề mặt phân cách giữa hai môi trường có chiết suất khác nhau (lõi và vỏ). Giả sử:

$n_0 = 1$ = chiết suất của không khí

n_1 = chiết suất của lõi

n_2 = chiết suất của vỏ



Hình 2.5 Sự truyền ánh sáng trong sợi quang

Hình 2.5 chỉ ra rằng một tia sáng từ không khí đi vào trong lõi hợp với trục của sợi một góc tới θ_0 . Nhưng nó bị khúc xạ bởi bề mặt giữa không khí – lõi và có góc khúc xạ với lõi là θ_1 , khác với θ_0 qua định luật Snell:

$$n_0 \cdot \sin \theta_0 = n_1 \cdot \sin \theta_1 \quad (2.1)$$

Sự truyền của tia sáng bên trong sợi phụ thuộc vào góc tới của tia sáng khi đập vào bề mặt phân cách giữa lõi-vỏ. Nếu góc này nhỏ hơn một giá trị nhất định θ_c (góc tới hạn), tia này bị khúc xạ, nhưng nó khúc xạ hoàn toàn và truyền: là tia dẫn. Trái lại các tia mà đập vào mặt phân cách giữa lõi-vỏ với góc lớn hơn θ_c sẽ bị khúc xạ một phần, vì thế sẽ mất năng lượng trong một khoảng không gian nhỏ (tia bức xạ) hoặc sau khi có được một số lượng nhất định của sự phản xạ (tia bị rò rỉ).

Tia khúc xạ giữa bề mặt lõi-vỏ tuân theo định luật Snell.

$$90^\circ - \theta_1 = \text{góc tới giữa bề mặt giữa lõi-vỏ}$$

$$90^\circ - \theta_2 = \text{góc khúc xạ}$$

Áp dụng định luật Snell:

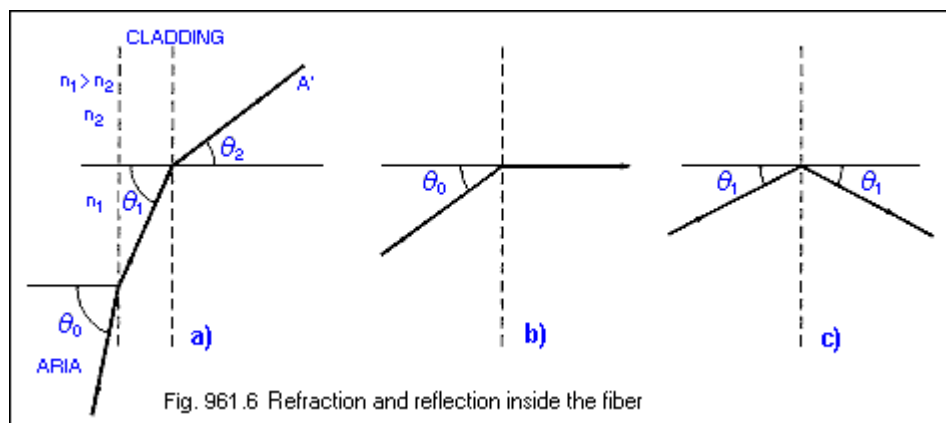
$$n_1 \cdot \sin(90^\circ - \theta_1) = n_2 \cdot \sin(90^\circ - \theta_2) \quad (2.2)$$

$$\text{Nếu } \theta_2 = 0, \text{ thì: } n_1 \cdot \sin(90^\circ - \theta_c) = n_2 \cdot \sin(90^\circ) = n_2 \quad (2.3)$$

$$\text{Từ đó:} \quad \sin(90^\circ - \theta_c) = n_2 / n_1 \quad (2.4)$$

$$\text{Cho nên:} \quad \cos(\theta_c) = n_2 / n_1 \quad (2.5)$$

Trong hình 2.6a: $\theta_1 > \theta_c$ và khúc xạ, hình 2.6b: $\theta_1 = \theta_c$ và tia khúc xạ chạy song song giữa bề mặt giữa lõi-vỏ, trong hình 2.6c: $\theta_1 < \theta_c$ và tia phản xạ hoàn toàn.



Hình 2.6 Sự phản xạ và khúc xạ trong sợi

2.2.4. Khẩu độ số

Bắt đầu từ phương trình trước đó, xác định giá trị tối đa góc θ_0 khi mà tia đi vào trong sợi. Áp dụng phương trình với $n_0=1$, ta có:

$$\frac{\sin \theta_0}{n_1} = \sqrt{1 - \cos^2(\theta_1)} \quad (2.6)$$

Trong trường hợp $\theta_1 = \theta_c$. Từ phương trình (2.6) và (2.5) cho công thức kết quả là:

$$\sin(\theta_{0\max}) = n_1 \cdot \sqrt{1 - (n_2 / n_1)^2} \quad (2.7)$$

$$\text{Cho nên: } \sin(\theta_{0\max}) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.8)$$

Giá trị $\sin(\theta_{0\max})$ được gọi là **Khẩu độ số (NA)**:

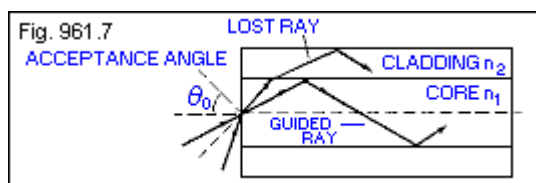
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.9)$$

Góc tiếp nhận và hình nón

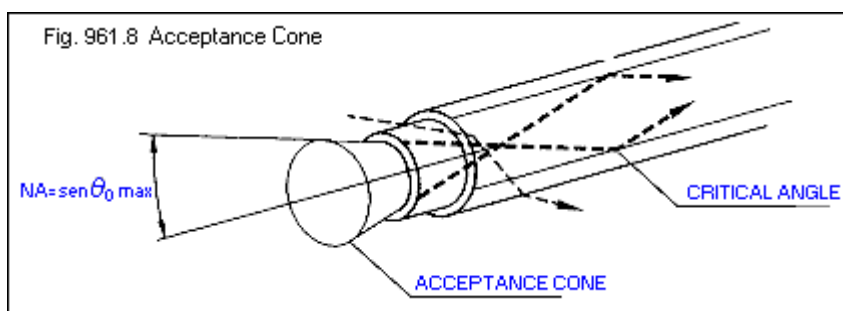
Vì thế khẩu độ số sửa lỗi giới hạn cao hơn của góc mà tại đó một tia phải nhập sợi để được dẫn và truyền. Bất kỳ tia nào chạm vào bề mặt không khí – sợi một góc quá sẽ bị khúc xạ và bị mất. Góc tới hạn này được biết đến như góc tiếp nhận (hình 2.7). Trường tượng trạng thái này trong ba khía cạnh: lưu ý đến lõi, gọi là góc tiếp nhận (hình 2.8), được hình thành ở lõi vào của lõi sợi.

Nhận xét

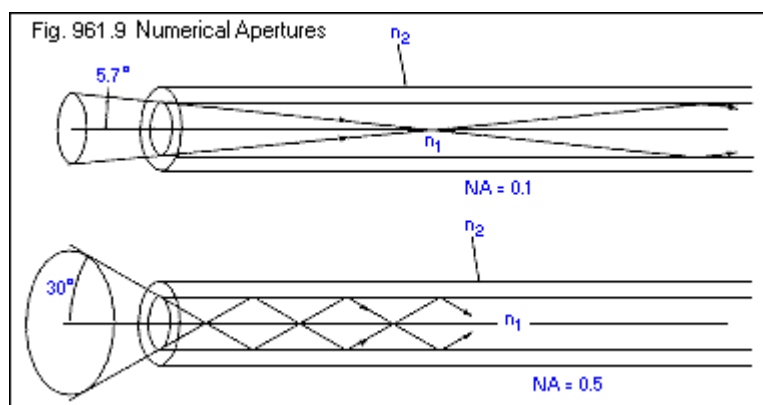
Các giá trị điển hình của NA phạm vi từ 0.1 (sợi đơn mode) đến xấp xỉ 0.5 (sợi nhảy bậc) và chúng tương ứng với góc tiếp nhận bao gồm giữa khoảng 6° và 30° (hình 2.9). Với các giá trị cao của NA nó rất dễ dàng để cho ánh sáng đi vào sợi, nhưng cùng lúc đó, tăng suy hao và dải thông của sợi giảm, vì nó cho phép một số cao hơn các phương thức truyền. Ngược lại, giá trị NA thấp thì các mode truyền sẽ ít hơn do đó băng thông rộng hơn, nhưng các mối nối giữa nguồn với sợi trở nên khó khăn hơn.



Hình 2.7 Góc tiếp nhận



Hình 2.8 Hình nón của góc tiếp nhận



Hình 2.9 Khẩu độ số

2.3. Thí nghiệm

2.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

2.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 961
-------------	----------------------------

- Thực hiện bằng các loại sợi quang #1, #2, #3, #4, #5 được cung cấp theo module để trả lời các câu hỏi dưới đây:

Q1. Lớp ngoài là:

Thiết lập

A B

1 4	Lõi
2 3	Vỏ
3 1	Lớp vỏ bọc của sợi
4 5	Lớp bọc của cáp nhiều sợi
5 6	Lớp vỏ đệm thứ cấp
6 2	Lớp bọc của cáp đơn sợi

Q2. Tháo nắp cẩn thận từ một trong các kết nối của cáp. Cái lỗ nhỏ ở trung tâm của bề mặt kết nối là gì?

Thiết lập

A B

1 2	Một lỗ từ sợi bình thường đi ra
2 4	Một lỗ mà tại đó là bề mặt của sợi
3 3	Một lỗ cần thiết để làm sạch các sợi quang bên trong
4 1	Một lỗ cho việc chèn sợi khác

- Tháo các nắp cẩn thận từ các đầu connector của cáp #1, #3, #4 và #5.
- Một điểm kết nối của cáp với nguồn sáng (ánh sáng mặt trời, đèn, v.v...) và quan sát lỗ kết nối khác của cùng một cáp.
- Tiến hành tương tự trên tất cả 4 cáp còn lại.

Q3. Phát biểu nào sau đây là đúng?

Thiết lập

A B

- | | |
|-----|---|
| 1 2 | Cùng một lượng ánh sáng đi ra khỏi tất cả các cáp. |
| 2 3 | Lỗ sáng nhất là ở cáp #1, ít sáng nhất là ở cáp #5. Lõi của các sợi có cùng đường kính. Lớp vỏ của sợi #1 có đường kính lớn hơn lớp vỏ của sợi #5. |
| 3 1 | Kích thước của các lỗ giảm theo trình tự sau đây: cáp #1, cáp #3, cáp #4-#5 (kích thước như nhau). Đường kính của lỗ phụ thuộc vào đường kính của sợi nude. Mật độ tại chỗ giảm theo trình tự sau đây: cáp #1, cáp #3, cáp #4, cáp #5, và phụ thuộc vào đường kính của lõi. |

Q4. Cấu trúc chính của sợi quang gồm có:

Thiết lập

A B

- | | |
|-----|--|
| 1 4 | Lõi (lớp bên ngoài, thủy tinh) và vỏ (bên trong hình trụ, plastic) |
| 2 3 | Lõi (bên trong hình trụ, thủy tinh) và lớp vỏ đệm thứ cấp (lớp bên ngoài, plastic) |
| 3 2 | Lõi (bên trong hình trụ, thủy tinh hoặc plastic) và vỏ (lớp bên ngoài có cùng chất liệu với lõi, nhưng cùng chỉ số khúc xạ) |
| 4 1 | Lõi (bên trong hình trụ, thủy tinh hoặc plastic) và vỏ (lớp bên ngoài có cùng chất liệu với lõi, nhưng có chỉ số khúc xạ thấp hơn) |

Q5. Sợi quang có nghĩa là:

Thiết lập

A B

- | | |
|-----|--|
| 1 2 | Lõi và vỏ: chúng có thể tách được ra |
| 2 1 | Lõi, vỏ và lớp phủ đệm sơ cấp và thứ cấp |

- 3 4 Lõi và vỏ không thể tách rời ra được
- 4 3 Sợi với tất cả các lớp sơn phủ, ngoại trừ vỏ ngoài của cáp

Q6. “Sợi 100/140” cho biết:

Thiết lập

A B

- 1 6 Sự truyền ánh sáng trong sợi phạm vi từ 100 đến 140nm
- 2 4 Chỉ số khúc xạ của lõi là 100 và của vỏ là 140
- 3 5 Khẩu độ số 100 và góc tiếp nhận 140
- 4 3 Khẩu độ số 100 và suy hao 140dB/km
- 5 2 Đường kính lõi 100 và vỏ 140, đơn vị mm
- 6 1 Đường kính lõi 100 và vỏ 140, đơn vị μm

Q7. Ánh sáng truyền bên trong sợi nhảy bậc

Thiết lập

A B

- 1 2 Sự khúc xạ liên tục bên trong vỏ
- 2 1 Trong lớp vỏ, sự phản xạ xảy ra giữa bề mặt phân cách giữa vỏ và lớp đệm phủ
- 3 5 Sự khúc xạ liên tục bên trong lõi
- 4 3 Trong lõi, xảy ra sự phản xạ giữa bề mặt phân cách giữa lõi và vỏ
- 5 4 Sự khuếch tán liên tục bên trong lớp vỏ

Q8. Truyền ánh sáng trong sợi quang:

Thiết lập

A B

- 1 5 Đi vào với một góc hẹp hơn khẩu độ số của sợi quang
- 2 4 Đi vào với một góc lớn hơn góc tiếp nhận của sợi quang

- | | | |
|---|---|--|
| 3 | 2 | Đi vào vỏ |
| 4 | 1 | Đi vào với một góc hẹp hơn góc tiếp nhận của sợi quang |
| 5 | 3 | Có bước sóng bằng với khẩu độ số của sợi quang |

Q9. Phát biểu nào sau đây là đúng?

Thiết lập

A B

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 3 | Góc tiếp nhận là sin của khẩu độ số (NA). Khẩu độ số NA của sợi đơn mode nhỏ hơn sợi nhảy bậc |
| 2 | 1 | Khẩu độ số NA là sin của góc tiếp nhận. Khẩu độ số NA của sợi đơn mode rộng hơn sợi nhảy bậc |
| 3 | 2 | Khẩu độ số NA là sin của góc tiếp nhận. Khẩu độ số NA của sợi đơn mode hẹp hơn sợi nhảy bậc |

BÀI 3: CẤP QUANG (II)

3.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả các khái niệm và các thông số đặc trưng cho cáp quang: phương thức tán sắc, chiết suất bậc (SI), chiết suất giảm dần (GI), sợi đơn mode, nửa tán sắc, độ rộng băng thông, độ suy hao, của sợi sóng.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/PS1
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS3/SIS2 hoặc SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40

3.2. Cơ sở lý thuyết

3.2.1. Giới thiệu

Tần số chuẩn hóa

Phân tích các hiện tượng lan truyền sóng với phương trình Maxwell dẫn đến các khái niệm về mode truyền sóng. Vấn đề này sẽ được xem xét trong đoạn này thông qua các nhận xét đơn giản, không sử dụng những khái niệm nghiêm ngặt và phức tạp.

Mode lan truyền là một dạng của trường điện từ bên trong sợi quang phụ thuộc vào kết cấu hình học của sợi quang và xu hướng của chỉ số khúc xạ.

Sự lan truyền với các mode có thể tốt hơn được lý giải nếu tần số được chuẩn hóa V và tần số cắt của một mode được xác định. Tần số chuẩn hóa V là một tham số bao gồm tất cả các biến chính mà sự lan truyền phụ thuộc vào, đó là: bước sóng của nguồn quang, bán kính lõi, chiết suất của lõi và vỏ. Nó được xác định theo công thức:

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot r \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2\pi}{l} \cdot r \cdot NA \quad (3.1)$$

Với: λ là bước sóng của nguồn quang

r là bán kính lõi

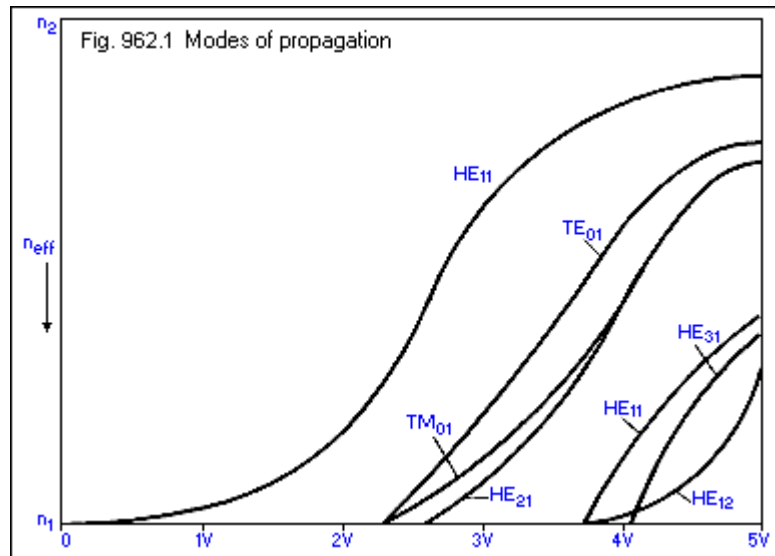
n_1 là chiết suất của lõi

n_2 là chiết suất của vỏ

Ảnh hưởng của hệ số khúc xạ và tần số cắt

Các giải pháp của phương trình Maxwell dẫn đến kết quả tóm tắt trong đồ thị của hình 3.1: đồ thị này cho thấy xu hướng của hiệu quả khúc xạ được gọi là chỉ số n_{eff} so với tần số chuẩn hóa V đối với một số phương thức lan truyền. Lưu ý các vấn đề sau:

- n_{eff} nằm giữa n_1 và n_2 ($n_1 > n_2$).
- Mỗi mode lan truyền có một tham số cấu trúc V riêng được gọi là tần số cắt V_C , dưới mức tần số này không có sự lan truyền sóng.
- Mode đầu tiên cũng được gọi là mode cơ bản có $V_C=0$, mode thứ hai có $V_C=2,405$. Các mode sau đây đã tăng dần tần số cắt V_C :



Hình 3.1 Các mode lan truyền

Giá trị của V chỉ phụ thuộc vào cấu trúc hình học và các tham số của sợi quang, nguồn quang sẽ lan truyền trong các sợi quang thông qua các mode có tần số cắt V_C thấp hơn V . Hãy xem xét một ví dụ với các giá trị số sau đây:

$$\lambda = 1,5 \mu\text{m} \quad r = 5 \mu\text{m} \quad \text{NA} = 0,15$$

kết quả là: $V \approx 3,14$.

Quan sát đồ thị của hình 3.1 và xét $V = 3,14$ ta có những nhận xét sau đây:

- Nguồn quang chỉ lan truyền trong các mode được chỉ định với HE_{11} , TE_{01} , TM_{01} , HE_{21} .
- Hệ số chiết suất khúc xạ n_{eff} tương ứng với chế độ HE_{11} thấp hơn các phương thức khác. Điều này có nghĩa là trong mode này ánh sáng truyền với tốc độ cao hơn so với các mode khác (vận tốc lan truyền của ánh sáng tỷ lệ nghịch với chiết suất của môi trường nó truyền qua).

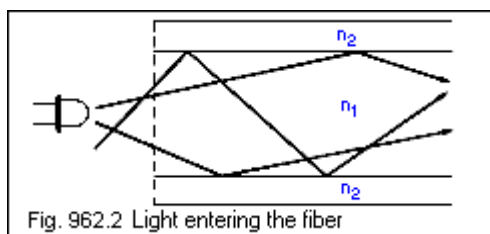
Đa mode và đơn mode

Sợi quang có thể phân biệt thành sợi đa mode hoặc đơn mode dựa trên số mode hoạt động. Sợi đơn mode phải có $V < 2,405$ để ánh sáng chỉ truyền trong mode đầu tiên (mode cơ bản).

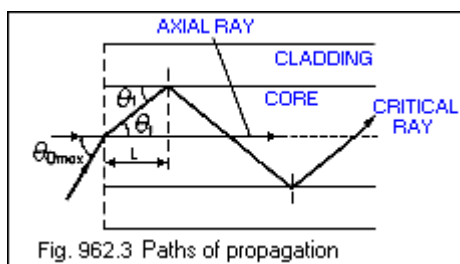
3.2.2. Phương thức tán sắc

Trên thực tế ánh sáng phát ra bởi nguồn quang và đi vào sợi quang không bao gồm tia sáng đơn sắc, nhưng nhiều tia đập vào lõi của sợi quang với những góc khác nhau (hình 3.2).

Theo những gì đã giải thích trong bài 2 cho sợi quang đa mode chiết suất bậc, có nhiều con đường khác nhau (hay mode) với độ dài khác nhau phụ thuộc vào góc tới. Nó trực quan để nhận thấy rằng một tia tới đi vào với góc $\theta_0 = 0^\circ$ là song song với trục chính và đường đi của tia sáng bằng chiều dài của sợi quang, trong khi đó các tia đi vào với góc nghiêng tối đa cho phép (θ_{0max}) sẽ có đường đi dài hơn (hình 3.3).



Hình 3.2 Tia sáng đi vào sợi quang



Hình 3.3 Đường đi của sự lan truyền sóng trong sợi quang

Sự khác biệt giữa thời gian di chuyển của tia dọc trục sợi quang ($\theta_0 = 0^\circ$) và tia tới hạn ($\theta_0 = \theta_{0max}$) do đó $\theta_1 = \theta_c$ với θ_c là góc tới hạn (tham khảo bài 2) có thể được tính như sau. Giả sử:

- L là chiều dài đơn vị
- $c = 3.10^8$ m/s là vận tốc ánh sáng
- $v_1 = c/n_1$ là vận tốc lan truyền của ánh sáng trong lõi sợi

Thời gian lan truyền của tia dọc trục sợi là :

$$T_a = \frac{L}{v_1} = \frac{L}{c} \cdot n_1 \quad (3.2)$$

Thời gian lan truyền của tia tới hạn là:

$$T_r = \frac{L / \cos \theta_c}{v_1} \quad (3.3)$$

Với biểu thức (2.5): $\cos(\theta_c) = n_2/n_1$

Ta có thể thu được:

$$T_r = \frac{L}{c} \cdot \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad (3.4)$$

Kết quả là sự khác biệt giữa T_r và T_a do L , độ trễ tối đa δT_{\max} trên một đơn vị chiều dài là:

$$\delta T_{\max} = T_r - T_a = \frac{n_1}{c} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \quad (3.5)$$

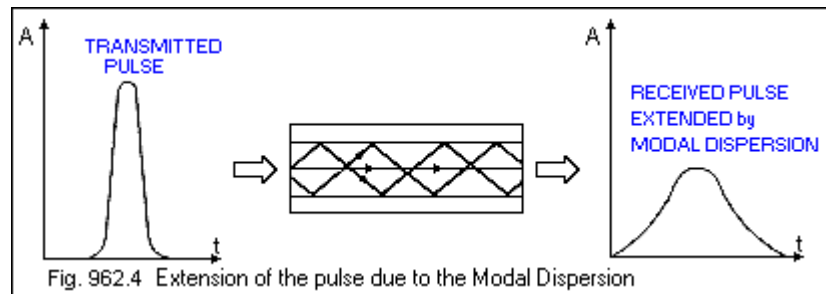
Ví dụ cho $n_1 = 1,51$

$n_2 = 1,50$

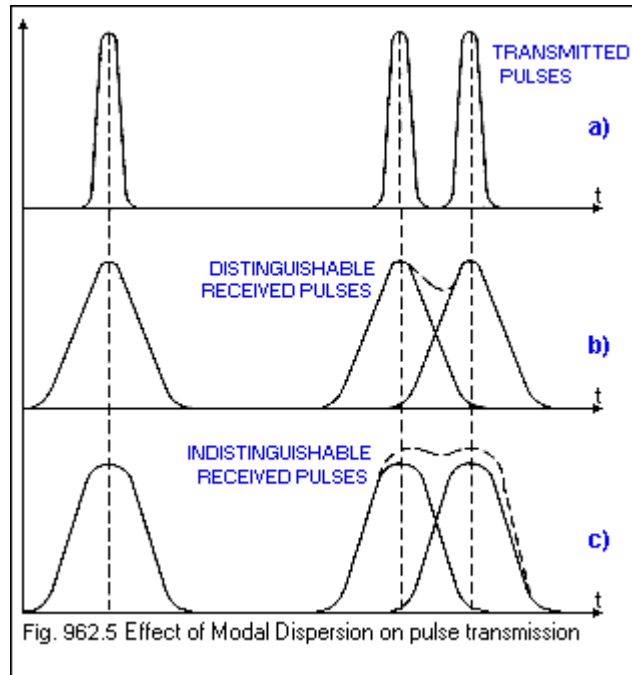
Ta có : $\delta T_{\max} \approx 33 \text{ ns/km}$

Vì vậy một xung ánh sáng đi vào sợi quang với những góc khác nhau sẽ mở rộng thời gian đến giảm đường đi trong sợi quang (hình 3.4). Hiện tượng này tạo ra các mode lan truyền khác nhau của ánh sáng trong sợi quang được gọi là hiện tượng tán sắc. Hiện tượng tán sắc được biểu diễn bằng đơn vị ns/km, nó làm tăng hiệu ứng khi chiều dài sợi quang tăng.

Trong một truyền thông số tín hiệu được gửi bao gồm một dãy xung, khi chúng được mở rộng thì những xung đó có thể chồng lên nhau và vì vậy họ không thể được giải mã tín hiệu nhận được. Hình 3.5 thấy hai ví dụ của các tín hiệu mà các xung nhận được đã được mở rộng bằng các hiện tượng tán sắc. Rõ ràng là các hiện tượng tán sắc giới hạn dung lượng truyền dẫn, đó là số lượng các xung mà có thể được truyền trong các đơn vị thời gian. Ta có thể dễ dàng nhận ra rằng tham số này ảnh hưởng đến dải thông của sợi quang.



Hình 3.4 Sự giãn rộng xung bởi hiện tượng tán sắc



Hình 3.5 Hiệu ứng tán sắc trong việc truyền xung tín hiệu

3.2.3. Giảm tán sắc: Dùng các sợi có chiết suất giảm dần và sợi đơn mode

Tán sắc có thể được giảm đáng kể khi áp dụng các thiết bị đặc biệt trong việc xây dựng các sợi quang học.

Các sợi được nghiên cứu cho đến nay là loại có chiết suất bậc, loại mà có sự biến đổi chiết suất giữa lõi và vỏ.

Sợi có chiết suất giảm dần

Một trong những phương pháp để giảm sự tán sắc bao gồm cách chế tạo sợi quang có chiết suất giảm dần từ lõi đến vỏ (hình 3.6b). Cấu hình phù hợp nhất của chiết suất tương ứng được mô tả bằng một hàm parapol.

Trong trường hợp này, các tia sáng liên tục biến dạng (khúc xạ liên tục), thay vì được phản xạ vào vỏ và đường đi của nó sẽ trở thành một đường cong. Các tia tới với góc mở rộng hơn bao trùm khoảng cách rộng hơn. Nhưng khi vận tốc truyền cao hơn so với lõi (vì chiết suất thấp) thời gian truyền của các tia bao gồm các khoảng cách khác nhau được bù.

Chúng được gọi là sợi có chiết suất giảm dần và được đặc trưng bởi sự phân tán thấp hơn so với sợi có chiết suất bậc. Một công thức gần đúng để xác định sự khác biệt tối đa thời gian truyền cho lõi với hệ số khúc xạ dạng parapol, có thể được viết như sau:

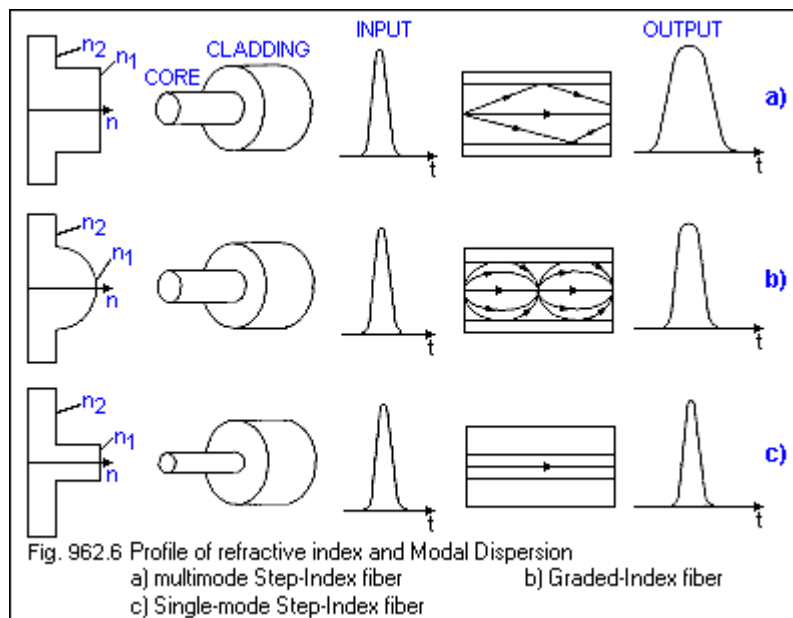
$$\delta T_{max} = \frac{n_1}{2c} \times \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1} \right)^2 \quad (3.6)$$

Ví dụ, giả sử : $n_1 = 1.51$ $n_2 = 1.50$

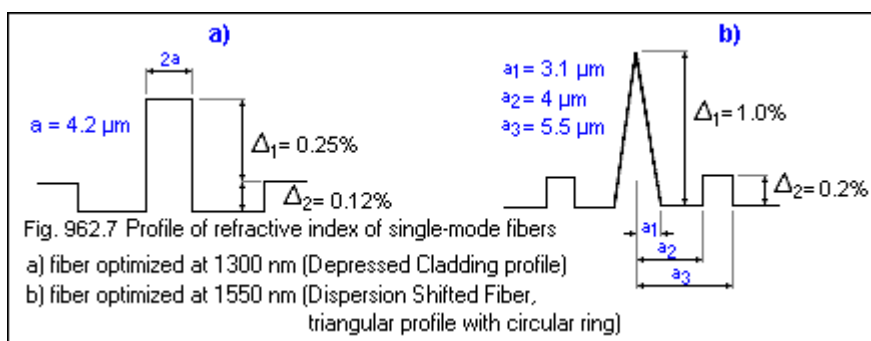
bạn có thể : $\delta T_{max} \approx 0.1 \frac{ns}{km}$.

Sợi đơn mode

Việc rút ngắn đường kính lõi dẫn đến việc giảm hơn nữa hiện tượng tán sắc. Một sự giải thích đơn giản cũng như nhắc lại việc kiểm chứng phần trên, có thể khẳng định rằng ánh sáng truyền với duy nhất một Mode và chủ yếu dọc theo đường thẳng chỉ có một đường đi (hình 3.6c). Không có nhiều đường đi và sự khác biệt giữa thời gian truyền, đó là phương pháp làm giảm đáng kể sự tán sắc.



Hình 3.6 Các thông số của chỉ số khúc xạ và tán sắc mode



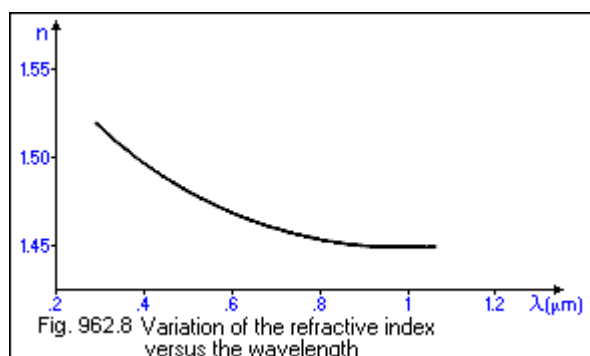
Hình 3.7 Các thông số đối với sợi đơn mode

3.2.4. Nửa tán sắc

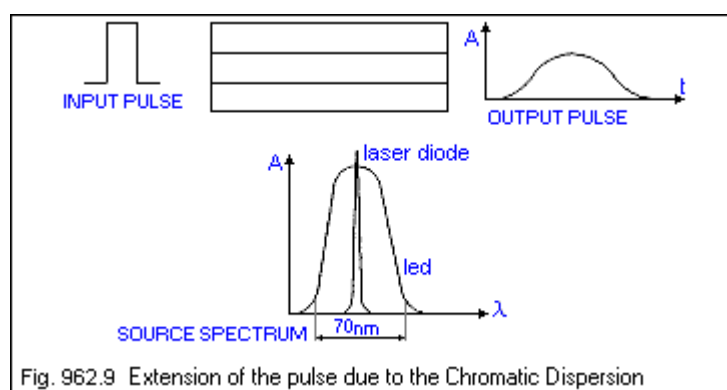
Một nguyên nhân kích thích độ giãn của xung khi phát ra từ các sợi là chiết suất và do đó tốc độ ánh sáng trong một môi trường nhất định phụ thuộc vào bước sóng của nguồn quang đi qua nó (hình 3.8).

Các nguồn quang sử dụng phổ biến không phát ra một bức xạ tinh khiết, vì vậy các thành phần của bước sóng khác nhau di chuyển ở tốc độ khác nhau, do đó mở rộng xung (hình 3.9). Hiện tượng này được gọi là tán sắc Chromtic (hoặc tán sắc vật liệu hoặc tán sắc phổ)

Tán sắc được biểu diễn bằng đơn vị ps/nm.km. Ví dụ, nếu một sợi quang có độ tán sắc là 14 ps/nm.km và nguồn sáng có một quang phổ của 70 nm, tín hiệu được mở rộng khoảng 1 ns mỗi km sợi. Tất nhiên, nửa tán sắc có thể được giảm thiểu thông qua việc sử dụng các nguồn có phổ hẹp, như, ví dụ Diốt Laser (bài 963).



Hình 3.8 Sự thay đổi của chỉ số khúc xạ theo bước sóng



Hình 3.9 Sự giãn rộng xung do tán sắc vật liệu

3.2.5. Suy hao

Khi ánh sáng đi vào sợi quang thì năng lượng giảm theo sự tăng của khoảng cách. Suy hao theo chiều dài sợi quang được biểu diễn tỉ số giữa năng lượng của ánh sáng đi vào sợi quang (P_{IN}) và năng lượng của ánh sáng ra khỏi sợi quang (P_{OUT}). Suy hao được đo theo đơn vị decibel:

$$Att(dB) = 10 \log(P_{OUT}/P_{IN}) \quad (3.7)$$

Giá trị này nằm trong khoảng vài dB/m đối với sợi nhựa và vào khoảng dB/km đối với sợi thủy tinh.

Suy hao và bước sóng

Suy hao của tín hiệu ánh sáng trên sợi quang phụ thuộc vào bước sóng và vật liệu cấu tạo sợi. Đối với sợi thủy tinh thì nguyên nhân chính dẫn đến suy hao là suy hao do hấp thụ và suy hao do tán xạ. Kết hợp những suy hao này sẽ dẫn đến đường cong suy hao như được chỉ ra ở hình 3.10 ngược lại hình 3.11 cho ta thấy được suy hao của sợi làm bằng nhựa.

Suy hao do hấp thụ

Khi ánh sáng photon đạt được năng lượng trung tâm, nguyên tử trong lõi của sợi thủy tinh (SiO_2) hấp thụ một phần năng lượng này. Hiện tượng này phụ thuộc vào chiều dài bước sóng và có hai vùng hấp thụ khác nhau, xảy ra trong phổ hồng ngoại và vùng tử ngoại (hình 3.10). Hơn nữa, trong suốt quá trình chế tạo sợi thủy tinh, sự không tinh khiết của kim loại cũng gây ảnh hưởng tới lõi, trong đó có các ion OH^- gây ra suy hao ở đỉnh ở một số bước sóng nhất định.

Suy hao do tán xạ

Chúng phù hợp với cấu trúc chia nhỏ (ở mức độ kính hiển vi) của vật liệu cấu tạo sợi. cấu trúc này bao gồm một vài trung tâm tán sắc đó là những điểm quan trọng bên trong bức xạ, thậm chí quay ngược trở lại. Hiện tượng này được gọi là tán sắc Rayleigh hay tán sắc vật liệu.

Những loại suy hao khác

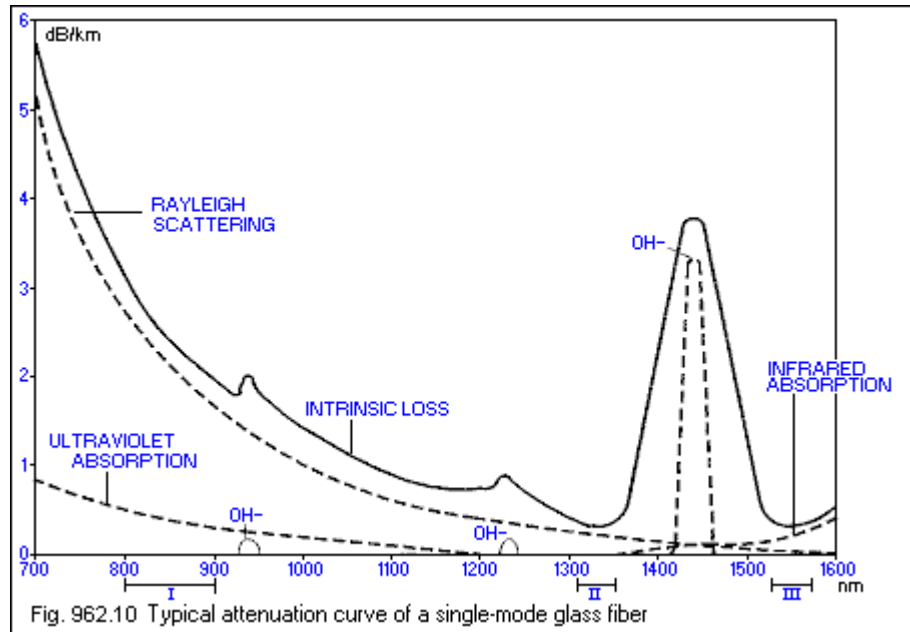
Trong một kết nối quang, những suy hao khác có thể thích hợp do những vòng quá hẹp trong đường dẫn của cáp quang (Suy hao do uốn cong) hoặc ở các mối nối của sợi. Tất nhiên đây không phải là suy hao do bản chất của sợi nhưng nó phụ thuộc vào việc lắp đặt cáp.

Các cửa sổ sóng:

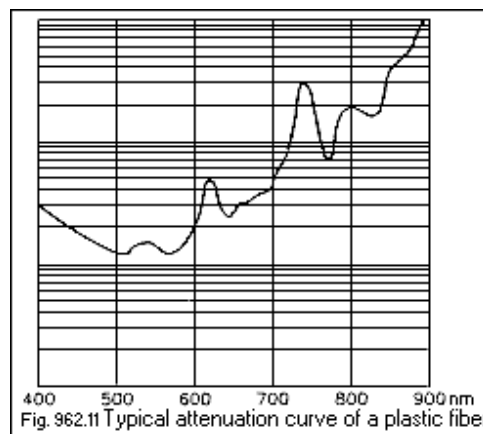
Như đã chỉ ra ở đường cong suy hao ở hình 3.10 có 3 vùng bước sóng với giá trị suy hao nhỏ nhất được gọi là các cửa sổ sóng:

- Cửa sổ thứ nhất: giữa 800nm và 900nm
- Cửa sổ thứ hai: vùng 1300nm
- Cửa sổ thứ ba: vùng 1500nm

Có những bước sóng của sợi thủy tinh được sử dụng trước đó, nguồn và tách sóng quang theo thứ tự đạt được năng lượng lớn nhất và độ nhạy lớn nhất của chúng ở những bước sóng này. Theo chiều hướng đối lập, đối với sợi làm từ nhựa thì thường sử dụng bước sóng 660nm và một phần trong cửa sổ thứ nhất.



Hình 3.10 Đồ thị suy hao của sợi thủy tinh đơn mode



Hình 3.11 Đồ thị suy hao của sợi nhựa

3.2.6. Băng thông

Băng thông của sợi quang có liên quan trực tiếp với hiện tượng tán sắc được phân tích trước đó.

Hiệu quả của tán sắc có thể được mô tả như là liên quan đến thời gian và tần số. Thực tế, tán sắc đi sau sự lan truyền của ánh sáng theo thời gian trong sợi quang, bên cạnh hàm truyền và dải thông của sợi quang.

Hàm truyền là tỉ số giữa biên độ của tín hiệu đầu ra và tín hiệu đầu vào của bước sóng trung tâm, như điều chế tần số của nguồn quang (hình 3.12). Trạng thái định nghĩa qui ước độ rộng băng tần Bw là giá trị tần số tương ứng với đầu ra giảm 3dB với giá trị max. Hàm truyền cũng phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng, do đó dải thông được tối ưu hóa ở vùng phổ trung tâm.

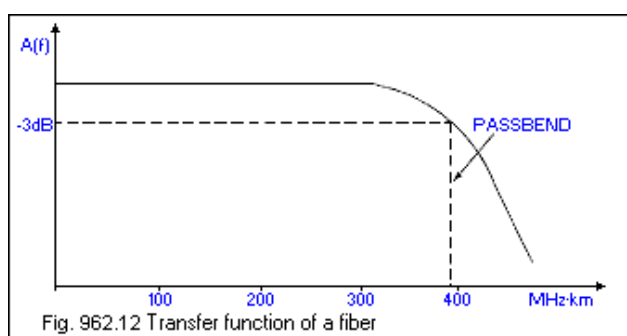
Đối với sợi băng hẹp, độ trễ tương ứng với tán sắc bị kéo dài. Do đó, dải thông nghịch đảo với chiều dài bước sóng, sau đó được biểu diễn MHz(hoặc GHz) trên một đơn vị chiều dài.

Ví dụ một sợi với $Bw = 1000 \text{ MHz.km}$

Sẽ kết nối với tín hiệu ở 1000 MHz, nếu chiều dài là 1km và là 200 MHz nếu chiều dài là 5km

Các giá trị đặc biệt của dải:

- 10-100GHz.km cho sợi đơn mode
- 300-3000MHz.km với sợi đơn mode
- 10-30MHz.km với sợi đa mode nhảy bậc và sợi băng nhựa



Hình 3.12 Hàm truyền của một sợi

3.2.7. Bảng tổng hợp về các sợi quang

Bảng này tổng hợp một số thông tin đặc trưng của sợi nhựa và sợi thủy tinh:

Sợi quang	Đường kính lõi/vỏ(μm)	Khẩu độ số	Độ suy hao	Độ tán sắc	Băng thông MHz-km	Ứng dụng
Sợi nhựa, chiết suất bậc	500/530 980/1000	0,5 - 0,6	0,2dB/m (600nm)	Rất cao	10	- Truyền thông tương tự và dữ liệu tốc độ trung bình (10Mb/s) và khoảng cách (<200m). - Đo từ xa. - Bước sóng 660nm.
PCS chiết suất bậc	200/380	0,4 - 0,5	10dB/km (660nm)	cao	20	- Truyền thông tương tự và dữ liệu tốc độ trung

(Plastic Clad Silica)	600/750					<p>bình (10Mb/s) và khoảng cách (<2km).</p> <p>- Đo từ xa.</p> <p>- Bước sóng 660nm.</p>
Sợi thủy tinh chiết suất bậc	100/140 200/230	0,3 - 0,4	7dB/km (820nm)	Trung bình	50 MHz.km	<p>-Truyền thông tương tự và dữ liệu tốc độ trung bình (10Mb/s) và khoảng cách trung bình (<200m).</p> <p>-Sử dụng cho mạng địa phương.</p> <p>-Bước sóng 820nm.</p>
Sợi chiết suất giảm dần	50/125 62,5/125 85/125	0,2 - 0,3	3dB/km (820nm) 1dB/km(1330nm)	Thấp	1 GHz.km	<p>-Truyền thông video và dữ liệu tốc độ cao (200Mb/s) và khoảng cách trung bình (<50km)</p> <p>-Sử dụng cho mạng địa phương.</p> <p>-Bước sóng 820nm và 1330nm.</p>
Sợi đơn mode	8-10/125	< 0,1	0,4dB/km (1330nm) 0,25 dB/km (1550nm)	Rất thấp	10 GHz.km	<p>-Truyền thông số với tốc độ rất cao (Gb/s) trong khoảng cách xa (<400km)</p> <p>-Bước sóng 1330nm và 1550nm.</p>

3.2.8. Đặc điểm của sợi quang quy định theo các module

Sợi cáp quang #1

- Chiều dài 1,5 m
- Loại sợi: nhựa, chiết suất phân bậc (SI)
- Đường kính 1000 μ m (vỏ)
- Suy hao: xem hình 3.13
- Khẩu độ số: 0.46
- Góc mở: 55⁰

Sợi cáp quang #2

- Chiều dài: 5m
- Các đặc điểm khác: như ở sợi cáp quang #1

Sợi cáp quang #3

- Chiều dài: 3m
- Phân loại: sợi thủy tinh, chiết suất phân bậc (SI)
- Đường kính: 200/230 μ m (lõi/vỏ)
- Suy hao: < 7 dB/km (820nm)
- Khẩu độ số: 0.35
- Góc mở: 20⁰
- Dải tần: 20 MHz.km

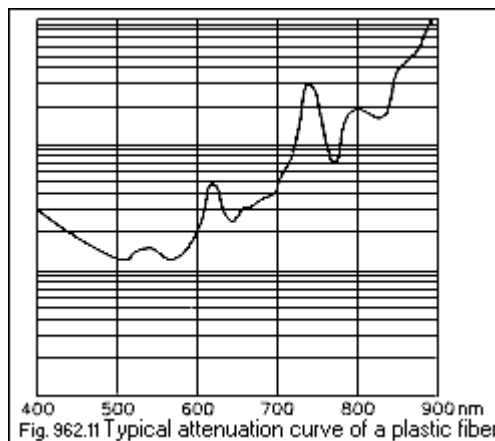
Sợi cáp quang #4

- Chiều dài : 3m
- Loại sợi: thủy tinh, chiết suất giảm dần (GI)
- Đường kính: 50/125 μ m (lõi/vỏ)
- Suy hao: < 3,5 dB/km (850 nm); < 1,5 dB/km (1.330 nm)
- Khẩu độ số: 0,2
- Góc mở: 11⁰
- Dải tần: 600 MHz.km

Sợi cáp quang #5

- Chiều dài: 3m

- Loại sợi: thủy tinh, đơn mode
- Đường kính: 10/125 μm (lõi/vỏ)
- Suy hao: $< 0,4 \text{ dB/km}$ (1330 nm); $< 0,3 \text{ dB/km}$ (1550 nm)
- Khẩu độ số: < 0.1
- Góc mở: $< 5^\circ$
- Dải tần: $> 5 \text{ GHz.km}$



Hình 3.13 Đường cong suy hao của sợi nhựa

3.3. Thí nghiệm

3.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

3.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 962
-------------	----------------------------

Q1. Tán sắc trên sợi chủ yếu là do:

SET

A B

1 4 Bước sóng của nguồn quang.

2 3 Bộ tách sóng quang.

- 3 1 Sợi quang.
- 4 2 Băng thông của nguồn quang.

Q2. Ảnh hưởng của tán sắc là gì?

SET

A B

- 1 2 Thu hẹp các xung nhận được.
- 2 4 Gây trễ khi truyền và tiếp nhận các xung tín hiệu.
- 3 1 Mở rộng các xung nhận được và làm tăng băng tần của sợi.
- 4 3 Mở rộng các xung nhận được và làm giảm băng tần của sợi.

Q3. Trong các câu trả lời sau chỉ ra các đặc điểm tiêu biểu của tán sắc và băng tần của sợi?

SET

A B

- 1 2 10 ns (nanoseconds); 5 GHz
- 2 3 0.1 ns/km; 700 MHz/km
- 3 4 0.1 s-km; 700 MHz-km
- 4 1 0.1 ns/km; 700 MHz.km

Q4. Một sợi quang có băng tần 50 MHz.km và nó có thể được sử dụng để truyền một tín hiệu với tần số 16 MHz trên chiều dài 10km. Khẳng định nào sau là đúng?

SET

A B

- 1 4 Kết nối có thể được thực hiện.
- 2 3 Kết nối không thể thực hiện được, vì sự suy hao trên sợi là rất cao.
- 3 2 Kết nối không thể thực hiện được, vì tổng băng thông trên toàn sợi cáp là $10/50 = 0.5$ Mhz và nó không đủ để truyền các tín hiệu có tần số 16 MHz.
- 4 1 Kết nối không thể thực hiện, vì tổng băng thông trên toàn sợi cáp là $50/10 = 5$ MHz, và nó không đủ để truyền các tín hiệu có tần số 16 MHz.

Q5. Tán sắc chủ yếu do:

SET

A B

- 1 3 Thời gian đáp ứng của nguồn quang.
- 2 1 Sợi quang.
- 3 4 Độ rộng của quang phổ phát xạ của nguồn quang.
- 4 2 Độ rộng của quang phổ ở đầu ra của nguồn quang. Ảnh hưởng tương tự như của tán sắc.

Q6. Suy hao của một sợi

SET

A B

- 1 2 Phụ thuộc vào chất liệu và là hằng số như bước sóng.
- 2 3 Không phụ thuộc vào chất liệu làm sợi.
- 3 4 Phụ thuộc vào chất liệu và nó không phải là hằng số như bước sóng. Giá trị nhỏ nhất của độ suy hao được gọi là cửa sổ suy hao (cửa sổ 1 1699-1700 nm, cửa sổ 2 700-1300 nm, cửa sổ 3 1300-1600 nm).
- 4 1 Phụ thuộc vào chất liệu và nó không phải là hằng số như bước sóng. Giá trị nhỏ nhất của độ suy hao được gọi là cửa sổ suy hao (cửa sổ 1 800-900 nm, cửa sổ 2 1300 nm, cửa sổ 3 1550 nm).

Q7. Sợi Graded-index có những đặc điểm nào sau đây:

SET

A B

- 1 2 Suy hao 3dB/m (820 nm); băng tần 50 MHz.km; đường kính 50/125 μ m; được sử dụng cho truyền tín hiệu tương tự và dữ liệu tốc độ trung bình (10 Mb/s) trên khoảng cách ngắn (< 200m).
- 2 3 Suy hao 0,2dB/m (660 nm); băng tần 10 MHz.km; đường kính 980/1000 μ m; được sử dụng cho truyền tín hiệu tương tự và dữ liệu tốc độ trung bình (10 Mb/s) trên khoảng cách ngắn (< 200m).
- 3 4 Suy hao 3 dB/m (820 nm) và 1 dB/km (1330 nm); băng tần 1 GHz.km; đường kính 50/125 μ m; được sử dụng cho truyền tín hiệu tương tự và dữ liệu tốc độ cao (200 Mb/s) trên khoảng cách trung bình (< 50 km).
- 4 5 Suy hao 0,4 dB/m (1330 nm) và 0,25 dB/km (1550 nm); băng tần 10 GHz.km; đường kính 10/125 μ m; được sử dụng cho truyền tín hiệu tương tự và dữ liệu tốc độ rất cao (Gb/s) trên khoảng cách dài (< 400 km).
- 5 1 Suy hao 7 dB/m (820 nm); băng tần 50 MHz.km; đường kính 200/230 μ m; được sử dụng cho truyền tín hiệu tương tự và dữ liệu tốc độ trung bình (10 Mb/s) trên khoảng cách trung bình (< 10 km).

BÀI 4: ĐẤU NỐI SỢI QUANG

4.1. Mục đích thí nghiệm

- Tìm hiểu các phương pháp thông thường để đấu nối các phần tử trong một hệ thống quang: các bộ nối, hàn nóng chảy, hàn cơ học.
- Tìm hiểu các nguyên nhân gây tổn thất năng lượng trong quá trình đấu nối.
- Kiểm tra các đặc tính của các bộ nối quang.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PSU/EV
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS2 or SIS3.
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope.

4.2. Cơ sở lý thuyết

4.2.1. Giới thiệu

Mỗi hàn và connector (bộ nối) là các thành phần thiết yếu của một liên kết sợi quang.

- Các connector cung cấp khả năng kết nối bằng quang học, nhanh chóng và dễ dàng, giữa các sợi quang với thiết bị trong hệ thống.
- Các mối hàn cho phép kết nối các sợi quang với nhau.

Các mối hàn và connector chắc chắn sẽ hấp thụ một phần năng lượng của hệ thống, do đó sẽ gây ra suy hao.

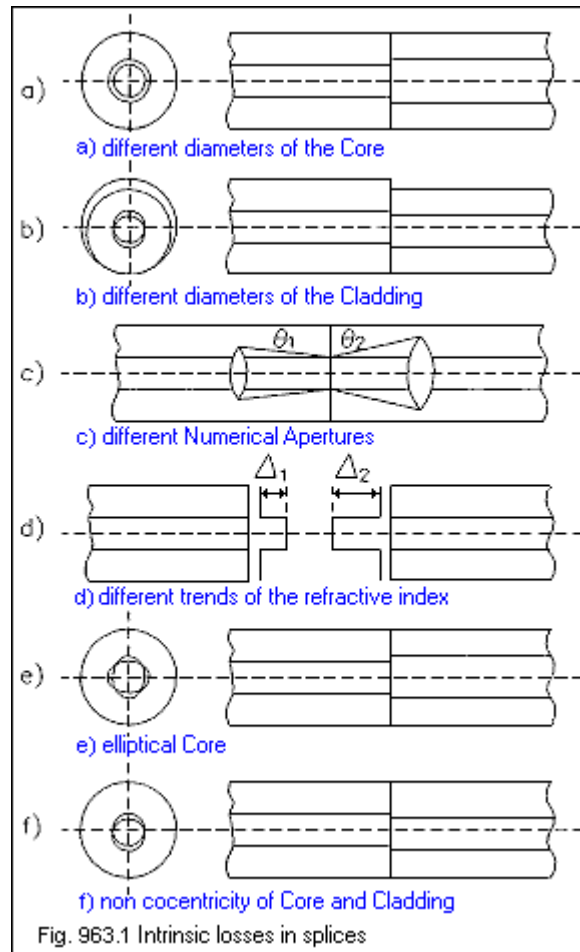
4.2.2. Hàn sợi quang

Tổn hao bởi mối hàn:

Tổn hao công suất quang sinh ra do việc hàn sợi được phân thành 2 loại:

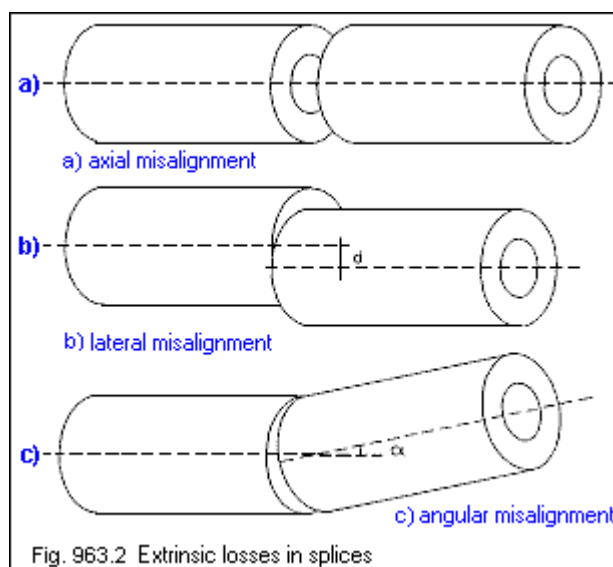
- Tổn hao bên trong
- Tổn hao bên ngoài

Tổn hao bên trong là do sự không đồng nhất về thông số của hai sợi được hàn, chẳng hạn là: đường kính lõi khác nhau; đường kính vỏ khác nhau; khác khẩu độ số; khác chỉ số khúc xạ; do lõi hình elip; lõi và vỏ không đồng tâm.



Hình 4.1 Tổn hao bên trong của mối hàn

Tổn hao bên ngoài gây ra do đặt sai vị trí sợi tại các mối nối, cũng có thể là do thiết bị và kỹ thuật hàn. Có 3 kiểu lệch vị trí như sau: lệch tâm, lệch bên, lệch góc.



Hình 4.2 Tổn hao bên ngoài của mối hàn

Hàn nóng chảy:

Quá trình hàn nóng chảy được thực hiện thông qua các bước sau:

- Bóc cáp, làm sạch cáp
- Tách lấy sợi quang
- Chèn đoạn bảo vệ mối hàn
- Đưa vào máy hàn: Tại vị trí cần hàn, sợi quang được nung vượt ngưỡng nóng chảy, nhờ đó được hàn lại với nhau.

Có 3 kỹ thuật nóng chảy, đó là:

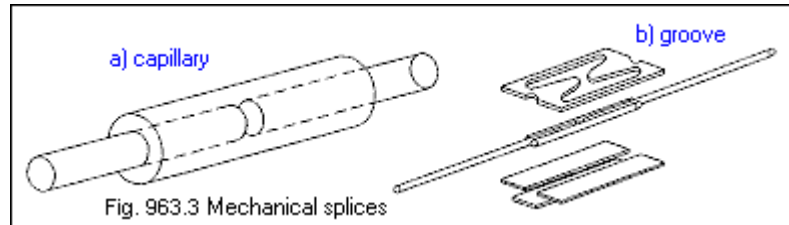
- Nóng chảy bằng lửa: nguồn nhiệt là một ngọn lửa rất nhỏ tạo ra từ hỗn hợp oxi và propan. Phương pháp này được phát minh đầu tiên và hiện nay không còn dùng nữa.
- Nóng chảy bằng laser: nguồn nhiệt là một laser. Phương pháp này hiện nay cũng ít được sử dụng.
- Nóng chảy bằng hồ quang điện: nguồn nhiệt được sinh ra nhờ dòng hồ quang điện giữa hai điện cực. Kỹ thuật này hiện nay đang được ứng dụng rộng rãi nhờ tính đơn giản và hiệu quả.

Tổn hao do hàn nóng chảy phụ thuộc vào kích thước của lõi và có độ suy hao nhỏ hơn 0.05dB.

Hàn cơ học:

Mối hàn cơ học chỉ dùng tạm thời khi yêu cầu phải kết nối nhanh. Kỹ thuật này được phân thành 2 loại:

- Hàn ống (*capillary splices*): Gồm có 1 ống cứng được xếp thẳng với một lỗ có đường kính bằng sợi quang.
- Hàn có rãnh (*grooved splices*): Các thành phần được sắp xếp trong mỗi hàn gồm có một đường rãnh chữ V được khắc trên một tấm kim loại, nhựa, gốm sứ, hoặc các chất liệu khác. Đặt 2 sợi cần nối vào rãnh chữ V, sau đó dùng loại nhựa mà cũng có chỉ số chiết suất giống với lõi, cuối cùng ghép vỏ bọc bảo vệ lên trên.



Hình 4.3 Mối hàn cơ học

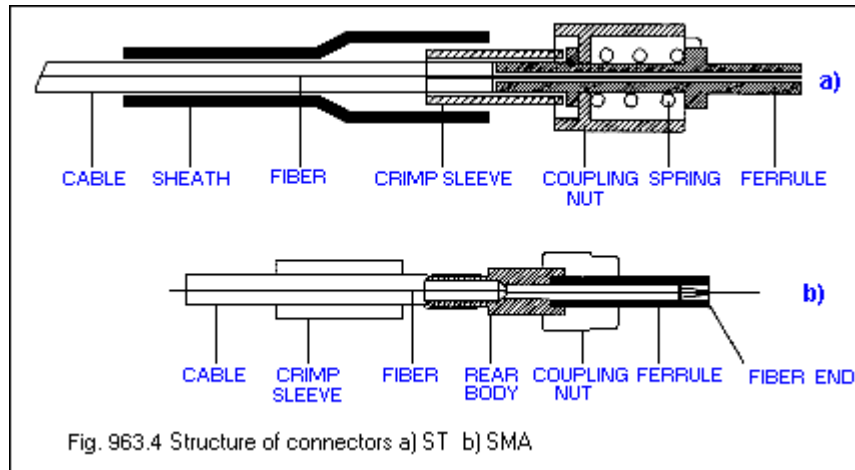
Tổn hao do hàn cơ học phụ thuộc vào đường kính lõi và có suy hao nhỏ hơn 0.2dB.

4.2.3. Connectors

Connector là thiết bị để kết nối 2 sợi quang hay một sợi quang với nguồn phát hay với một bộ thu quang, nó là một kết nối ổn định nhưng không vĩnh viễn. Hệ thống kết nối có thể bao gồm một giắc cắm đực (đối với sợi) và một giắc nối cái (có thể là ổ cắm, lắp ráp thiết bị hoặc cắm trực tiếp vào các nguồn phát và thu), hoặc cả hai giắc cắm đực cùng tham gia vào một kết nối thông qua một bộ chuyển đổi có hai đầu nối cái.

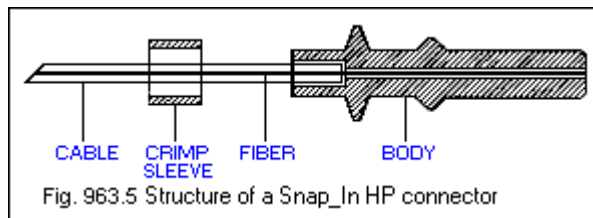
Có loại *connector* kết nối cho sợi đa mode và loại *connector* kết nối cho sợi đơn mode. Rõ ràng, đây cũng là một cấp kết nối cơ khí chính xác hơn và nó cần thiết cho kết nối của loại sợi thứ hai, đó là kích thước của lõi sợi ở sợi đơn mode là nhỏ hơn. Do đó, nó cần thiết để giảm thiểu sự sai lệch khi kết nối sợi.

Tổn hao do *connector* cũng có nguyên nhân như tổn hao bởi mối hàn. Chúng phụ thuộc vào loại *connector* và có giá trị suy hao trung bình từ 0.5dB đến xấp xỉ 1dB.



Hình 4.4 Cấu trúc của mỗi connector

Có rất nhiều loại *connector* được phát triển bởi các nhà sản xuất khác nhau. Những loại phổ biến nhất là: ST, SMA, NTT-FC, NTT-PC, biconical connector. Các sợi nhựa thường sử dụng loại kết nối được phát triển bởi Hewlett-Packard, như là *Snap_In HP* như hình dưới đây:



Hình 4.5 Cấu trúc của connector loại Snap_In HP

4.3. Thí nghiệm

4.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

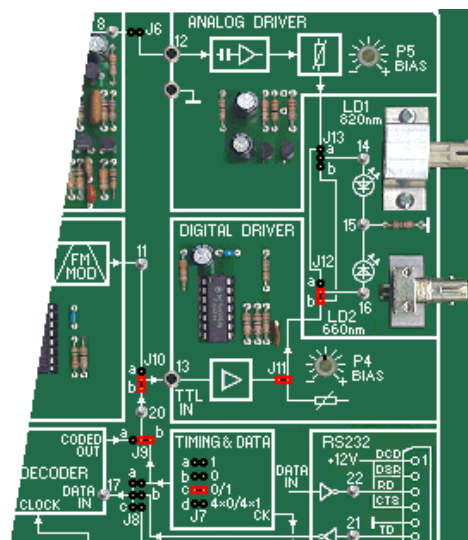
- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

4.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

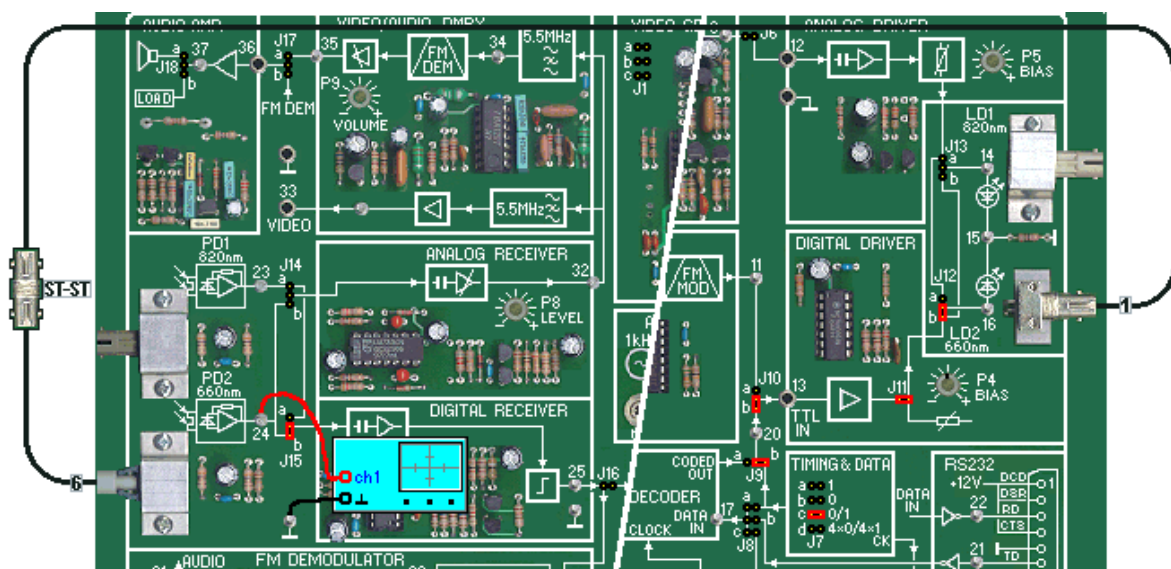
MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 963

a. Suy hao trên sợi quang

- Bật nguồn
- Ngắt jumper J13 và kết nối các J7c – J9b – J10b – J11 – J12b. Như vậy, chúng ta đã thiết lập một mạch điện gồm có LED và Photodiode 660nm và một tín hiệu xen kẽ 0/1 đưa đến đầu vào của *Digital Driver* (TP20).

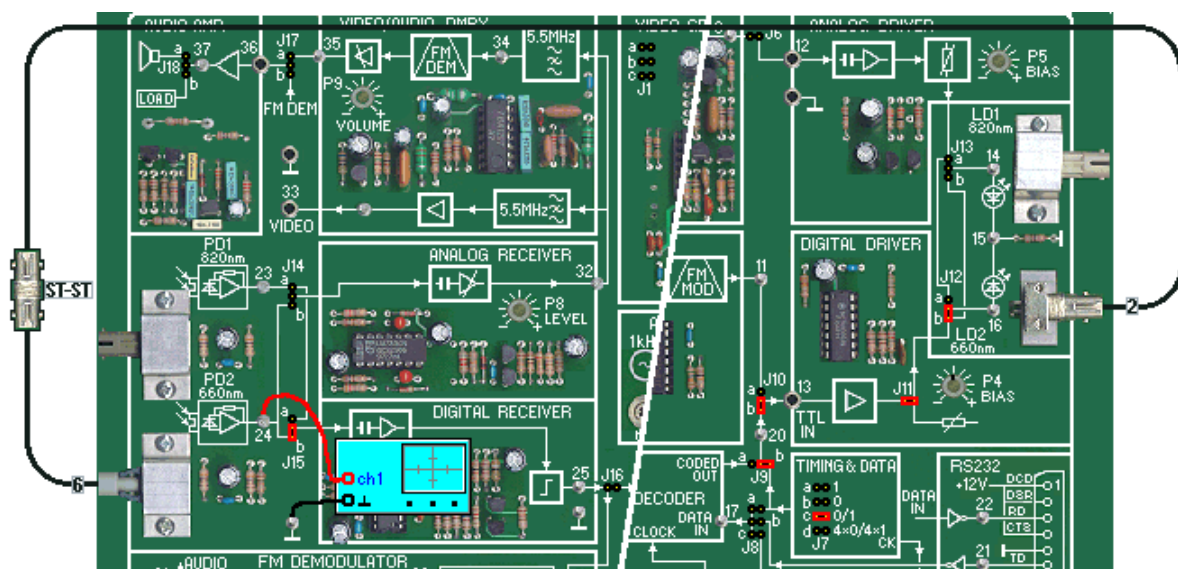


- Nối LED và photodiode bằng cáp số 1, adapter ST-ST và cáp số 6.
- Đặt chiết áp BIAS (P4) tại vị trí trung tâm. Kết nối J15b, khi đó dạng sóng điện áp V_{out1} phát hiện bởi tổ hợp “photodiode + trans-impedance amplifier” (“photodiode và bộ khuếch đại trở kháng chuyển dịch”) tại TP24 như hình 4.1.



Hình 4.1 Kết nối sử dụng cáp số 1

- Thay cáp số 1 bằng cáp số 2. Lặp lại các bước tương tự như trên. Điện áp ra V_{out2} trên TP24 có dạng như hình 4.2.



Hình 4.2 Kết nối sử dụng cáp số 2

➡ Đưa ra nhận xét và trả lời các câu hỏi Q1, Q2, Q3?

b. Tổn hao trên mỗi nối

- Giữ nguyên các điều kiện của thí nghiệm trước (LED và Photodiode 660nm được kết nối với nhau thông qua cáp số 2 và cáp số 6).
- Quan sát dạng sóng của TP24 trên dao động ký:
- Từ từ thay đổi chất lượng mỗi nối trên adapter ST-ST (từ từ tháo kết nối cáp số 2 và cáp số 6, lưu ý: không phải tháo rời ra). Điện áp đầu ra TP24 trên dao động ký.

➡ Đưa ra nhận xét về sự thay đổi của điện áp đầu ra TP24?

c. Suy hao của sợi quang theo hàm của bước sóng

- Tháo jumper J12b và kết nối J13b để sử dụng LED và Photodiode 820nm.
- Kết nối LED1 và Photodiode PD1 bằng cáp số 1.
- Kết nối J15a và quan sát dạng sóng TP23 và ghi lại điện áp V_{out3} của xung vuông phát hiện được.

BÀI 5: NGUỒN QUANG

5.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả các đặc điểm hoạt động và thông số kỹ thuật của LED và Laser Diode, sử dụng làm nguồn phát quang trong truyền dẫn thông tin cáp sợi quang.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/EV
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS2 or SIS3/EV
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Đồng hồ vạn năng

5.2. Cơ sở lý thuyết

5.2.1. Giới thiệu

Các nguồn quang thông thường sử dụng ánh sáng phát ra của điốt quang (LED) và điốt laze (LD).

Cả hai loại điốt đều có thể sử dụng để tạo ra các ánh sáng có bước sóng khác nhau, tương ứng với các cửa sổ sóng có độ suy hao thấp.

LEDs được đặc trưng bởi độ tin cậy và chi phí thấp, kích thước tổng thể nhỏ và cho phép khớp nối rất tốt sợi quang. Nhưng ánh sáng tạo ra từ LEDs không phải ánh sáng đơn sắc, vì vậy chúng gây ra sự phân tán ánh sáng bên trong sợi quang.

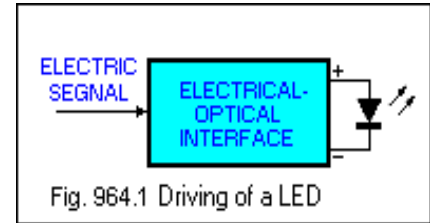
Điốt laze cho phổ phát xạ rất hẹp, do đó sự phân tán ánh sáng giảm đáng kể và công suất nguồn quang cung cấp cao hơn đáng kể so với của LED. Tuy nhiên chi phí đầu tư LD cao hơn nhiều so với LED và công suất của LD cao phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ.

Vì vậy, LD phải được hoạt động trong môi trường nhiệt độ ổn định.

5.2.2. LED

LED là một điốt đặc biệt phát ra ánh sáng thông qua quá trình tái tổ hợp giữa điện tử (e) và lỗ trống (p).

Khối bán dẫn loại p chứa nhiều lỗ trống tự do mang điện tích dương nên khi ghép với khối bán dẫn n (chứa các điện tử tự do) thì các lỗ trống này có xu hướng chuyển động khuếch tán sang khối n. Ở biên giới hai bên mặt tiếp giáp, một số điện tử bị lỗ trống thu hút và khi chúng tiến lại gần nhau, chúng có xu hướng kết hợp với nhau tạo thành các nguyên tử trung hòa. Quá trình này có thể giải phóng năng lượng dưới dạng ánh sáng (hay các bức xạ điện từ có bước sóng gần đó)

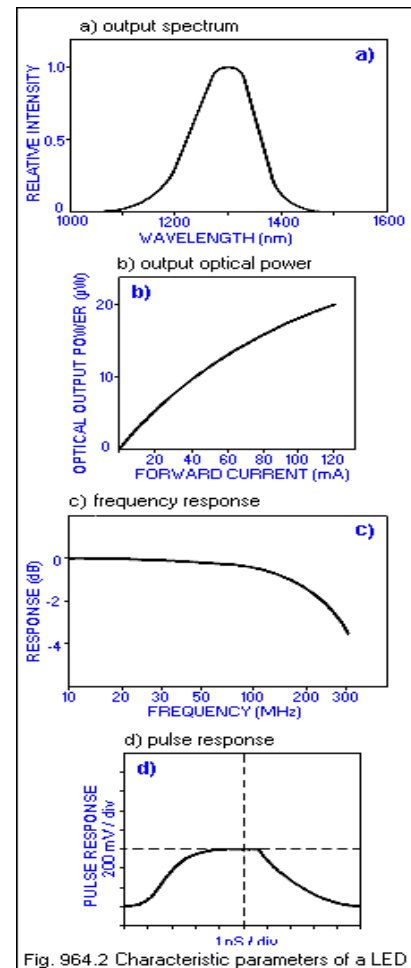


Hiện nay, các LED phát ánh sáng có bước sóng trong cửa sổ quang 1 được làm từ gallium arsenide hoặc hợp chất (AlGaAs/GaAs), các LED phát ánh sáng có bước sóng trong cửa sổ quang 2, 3 được làm từ indium-gallium-arsenide-phosphide (InGaAsP/InP)

Đặc điểm kỹ thuật:

Các thông số quan trọng nhất của LEDs:

- Bước sóng ánh sáng đầu ra.
- Độ rộng phổ đầu ra.
- Công suất quang: Trong khoảng 10 μW và phụ thuộc vào dòng cấp. Hình 964.2b thể hiện sự phụ thuộc giữa công suất quang đầu ra với dòng cấp.
- Đáp ứng tần số: Loại thông thấp, nó dao động từ vài chục đến vài trăm MHz. Hình 964.2c thể hiện đáp ứng tần số của LED



Đôi khi các nhà sản xuất cho biết đáp ứng xung (hình 964.2d) thay vì đáp ứng tần số.

5.2.3. Điốt Laze

Tái tổ hợp electron - lỗ trống không phải là phương pháp duy nhất để tạo ra các photon hay ánh sáng bức xạ. Một photon có năng lượng thích hợp tác động vào một nguyên tử năng lượng có thể phát ra một photon khác: đây gọi là phát xạ cưỡng bức.

Photon mới này có cùng một tần số photon tác động và là điểm khởi tạo để có được sự khuếch đại của bức xạ. Hoạt động của Điốt laze (LD) được dựa trên các nguyên tắc trên.

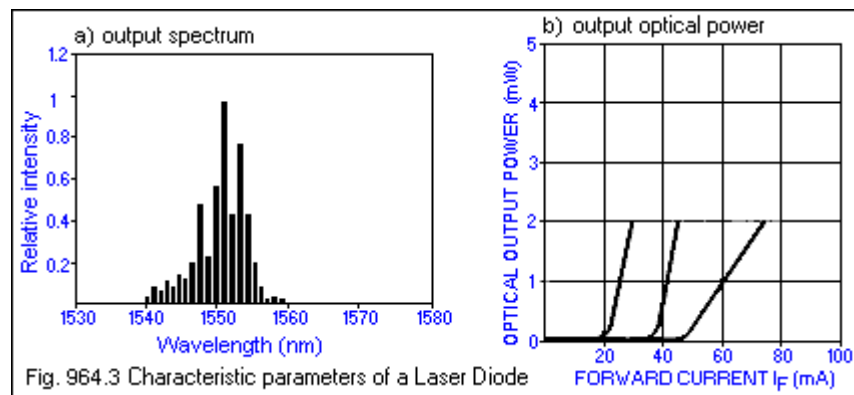
Phổ đầu ra của Điốt Laze hẹp hơn so với LED.

Đặc điểm kỹ thuật:

Đặc điểm và thông số kỹ thuật của điốt laze giống của LED.

Hình 964.3 thể hiện đồ thị công suất nguồn tín hiệu ra và độ rộng phổ của điốt laze. Khi so sánh với LED, điốt laze có những lợi thế sau:

- Độ rộng quang phổ hẹp
- Công suất nguồn quang lớn hơn (mW thay vì μW)
- Thời gian đáp ứng nhanh hơn (ns thay vì μs)



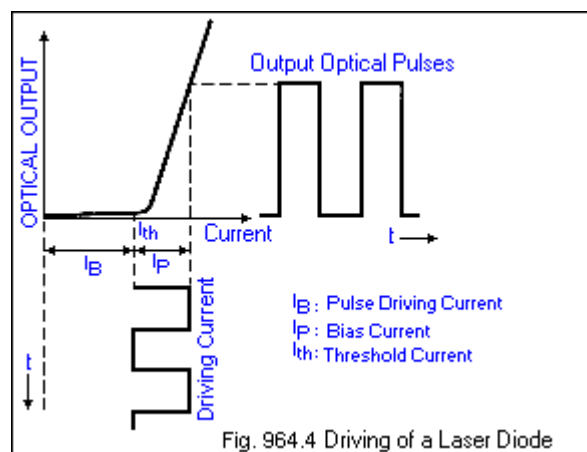
Hơn nữa điốt laze nhạy cảm hơn với nhiệt độ so với LEDs, do đó điốt laze phải hoạt động trong môi trường kiểm soát nhiệt độ ổn định. Mạch ổn định nhiệt độ gọi là Automatic Power Control (APC).

Điều khiển công suất của Điốt laze

Điều khiển công suất của LD cũng giống như LEDs, công suất quang đầu ra phụ thuộc vào dòng đi qua điốt laze. Do đó điều chế laze trực tiếp có thể xây dựng trên hệ thống truyền dẫn cáp quang.

Ví dụ, hãy xem xét việc truyền dẫn tín hiệu số (hình 964.4). Trong trường hợp này điốt laze được phân cực với dòng đầu vào tại I_B , và giá trị xung quanh ngưỡng I_{th} .

Xung dòng đầu vào điốt I_P do tín hiệu số qui định, giá trị thấp nhất và cao nhất của dòng I_P , tương ứng với cường độ thấp nhất và cao nhất của xung ánh sáng đầu ra.

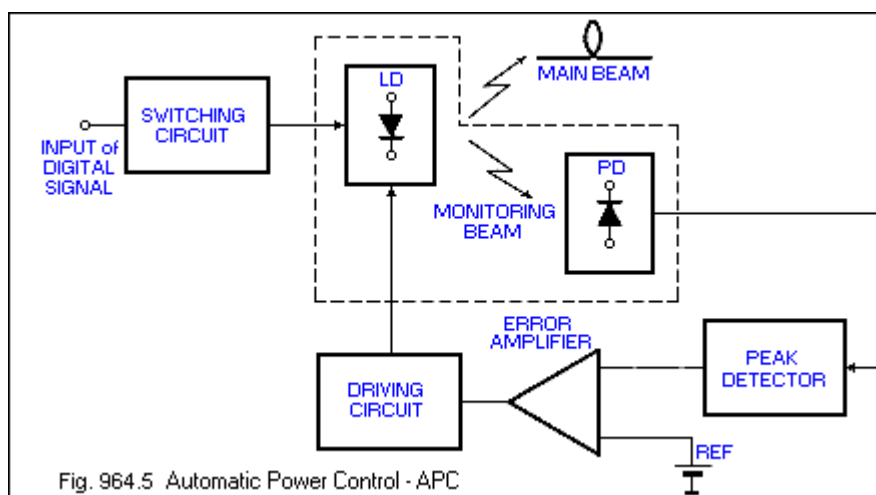


Sự phụ thuộc vào nhiệt độ

Đặc trưng công suất quang đầu ra/dòng qua điốt phụ thuộc vào nhiệt độ (hình 964.3a).

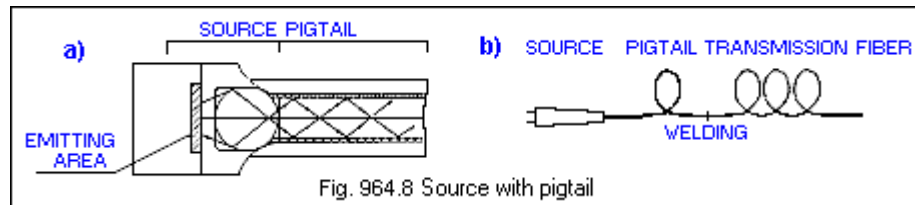
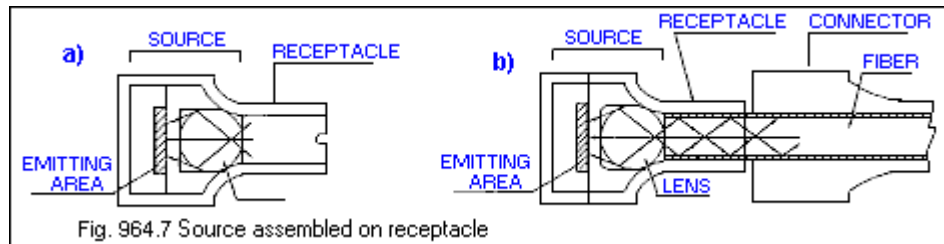
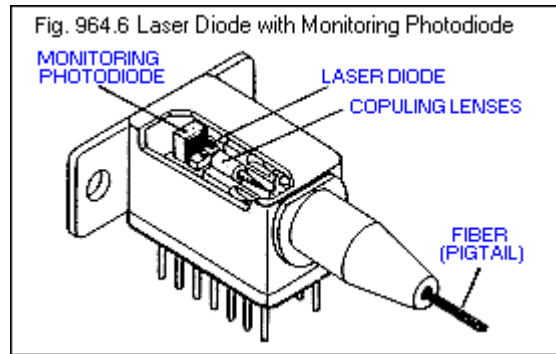
Ví dụ, ở 0°C và dòng $I_F = 35\text{mA}$, công suất đầu ra là $0,175\text{mW}$; nếu nhiệt độ tăng thì giá trị công suất đầu ra giảm nhanh mặc dù I_F không đổi.

Trên thực tế, tại 25°C công suất là 0.075mW và tại 65°C công suất ra xấp xỉ 0mW . Sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến LD có thể được bù lại thông qua một mạch ngoài điều khiển dòng qua điốt. Mạch này sẽ làm tăng dòng qua điốt khi nhiệt độ tăng và ngược lại.



5.2.4. Nguồn để nối sợi quang

Bức xạ ánh sáng phát ra từ nguồn quang phải được gửi vào sợi quang. Các nhà sản xuất nguồn LEDs và LDs (cũng như bộ tách sóng quang) đã thiết kế các bộ kết nối cấp thích hợp. Có 2 loại bộ kết nối:



Bảng tổng kết nguồn quang:

	LED	Laser Diode
Công suất quang đầu ra	Vài chục mW	Hàng trăm mW
Bước sóng ánh sáng	660 nm và cửa sổ quang 1,2	Cửa sổ quang 2,3
Phổ đầu ra	Rộng (hàng chục nm)	Hẹp (vài nm)
Mạch		
Đáp ứng tần số	Hàng nghìn MHz	Hàng chục GHz
Bộ kết nối		
Chi phí đơn giá	Rẻ	Đắt
Ứng dụng		

5.3. Thí nghiệm

5.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

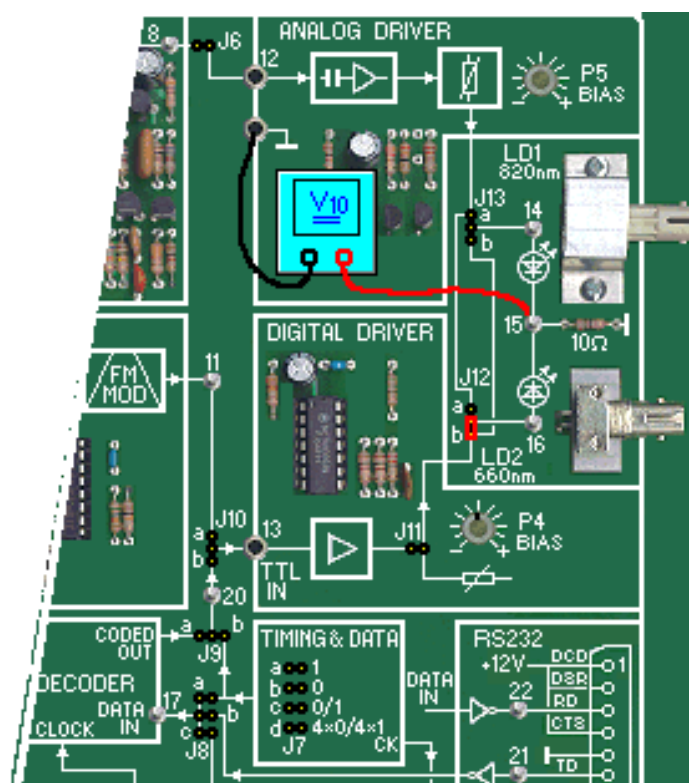
- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

5.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 964

a. Công suất quang phát ra từ LED

- Kết nối J12/b theo mạch hình sau:



Cấu hình trên bao gồm LED có tần số 660nm, chuyển phân cực thông qua nút chiết áp (BIAS P4).

Sử dụng đồng hồ vôn kế V_{10} đo điện áp giữa TP15 và đất (theo hình vẽ trên).

Tính dòng qua điốt LED theo công thức sau:

$$I_F = V_{10} / 10\Omega \quad [V_{10} \text{ in mV}, I_F \text{ in mA}]$$

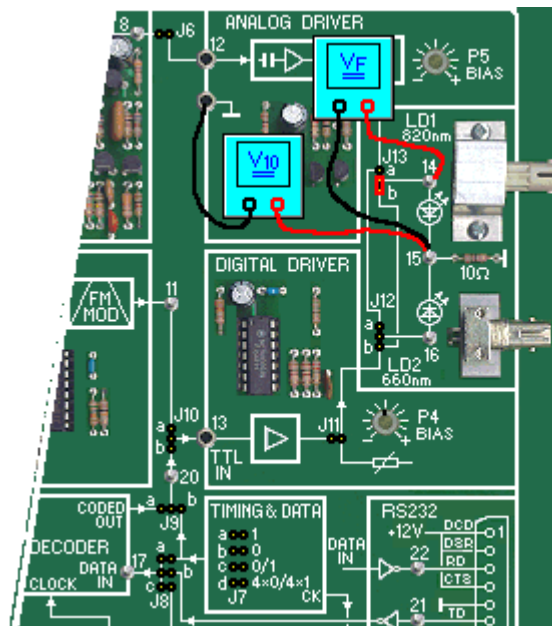
Quan sát cường độ ánh sáng phát ra bởi đèn LED.

➡ **Đưa ra nhận xét về cường độ ánh sáng phát ra từ đèn LED và trả lời câu hỏi Q1?**

b. Xây dựng đường đặc tính của LED

(Phương pháp xây dựng này chỉ có thể thực hiện nếu có đồng hồ đo công suất quang)

- Gỡ bỏ jam **J11**, **J12** và kết nối jam **J13b**, như hình vẽ sau:

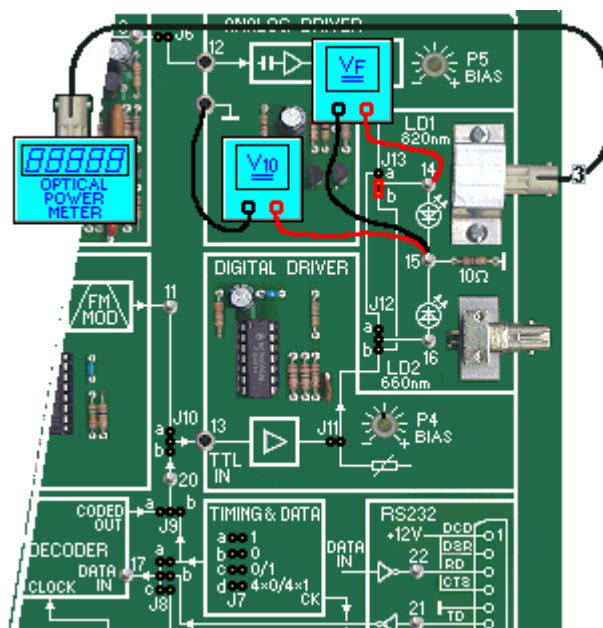


Cấu hình này cho LED có tần số **820nm**, chuyển phân cực thông qua nút chiết áp (BIAS P4).

- Đo điện áp V_F giữa 2 điểm **TP14** và **TP15**. Sử dụng đồng hồ vôn kế V_{10} đo điện áp giữa TP15 và đất (theo hình vẽ trên). Tính dòng qua điốt LED theo công thức sau:

$$I_F = V_{10} / 10\Omega \quad [V_{10} \text{ in mV}, I_F \text{ in mA}]$$

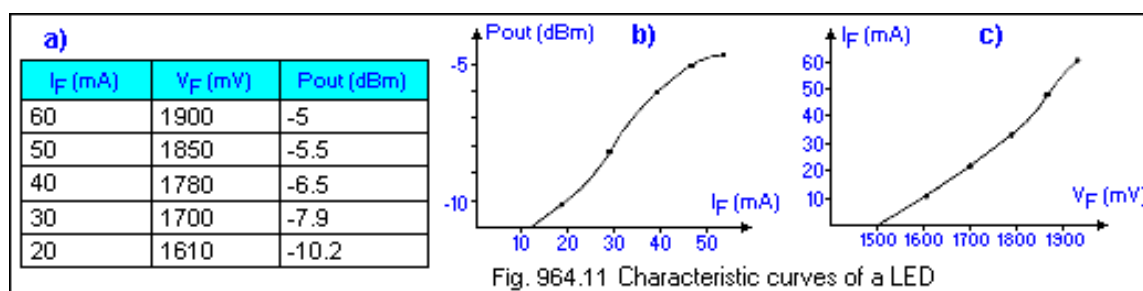
- Kết nối LED đến đồng hồ đo công suất quang (Optical Power Meter) thông qua cáp #3 (fiber 200/300) như hình vẽ sau:



- Điều chỉnh **P4 BIAS** để giá trị I_F theo trong bảng và đồng thời đo các giá trị V_F , P_{out} . Sau đó thiết lập đường đặc tính của LED.

I_F (mA)	V_F (mV)	P_{out} (dBm)
60		
50		
40		
30		
20		

Ví dụ:



- Thay thế cáp #3 bằng cáp #4 (fiber 50/125) hoặc cáp #5 (fiber 10/125) và giảm công suất đo vì cáp #4 (fiber 50/125) hoặc cáp #5 (fiber 10/125) có góc mở nhỏ do vậy công suất quang từ LED vào sợi cáp giảm.

➡ Đưa ra nhận xét và trả lời các câu hỏi Q2, Q3, Q4?

BÀI 6: BỘ THU QUANG

6.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả các đặc điểm hoạt động và thông số kỹ thuật của PIN (Photodiodes) và APD (Avalanche Photodiodes), sử dụng làm bộ thu quang trong truyền dẫn thông tin cáp sợi quang.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/EV
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS3/EV
2. Bộ thực nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope.

6.2. Cơ sở lý thuyết

6.2.1. Giới thiệu

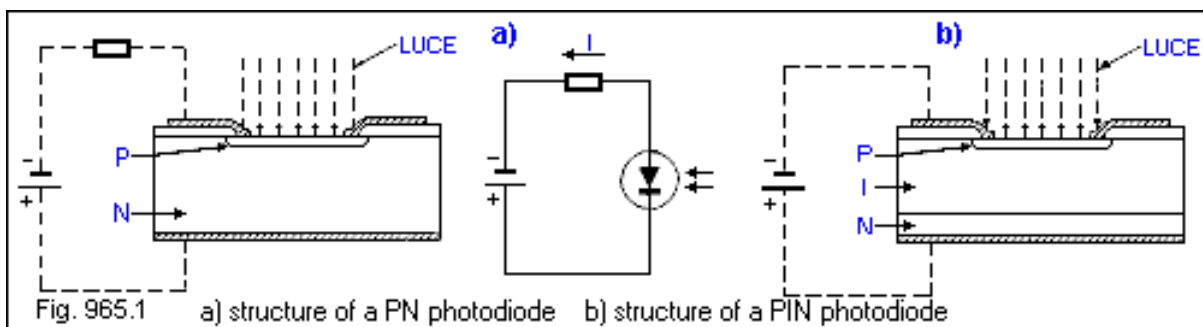
Bộ thu quang có thể chuyển đổi tín hiệu quang tới thành tín hiệu điện. Yêu cầu chính của bộ thu quang:

- Độ nhạy cao hay khả năng hấp thụ tối đa bức xạ ánh sáng.
- Tốc độ đáp ứng cao, có khả năng phát hiện các xung ánh sáng rất hẹp.
- Kích thước nhỏ, giá thành thấp, độ tin cậy cao.

Các bộ thu quang sử dụng phổ biến nhất trong hệ thống thông tin quang là PN, PIN và APD.

6.2.2. Bộ thu quang PN và PIN

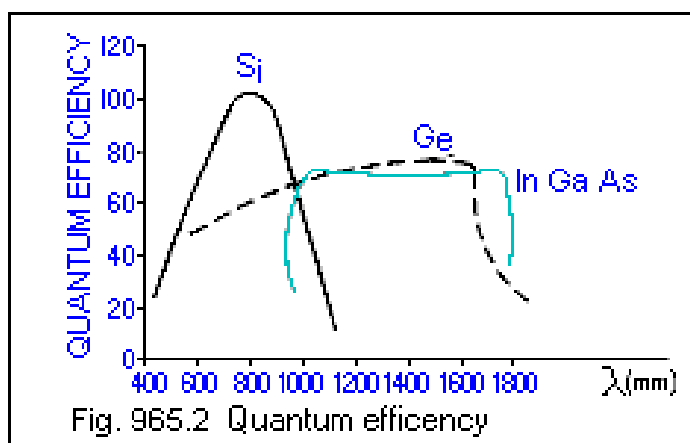
Nguyên tắc hoạt động của bộ thu quang dựa trên tính chất của chất bán dẫn: Đó là, khi chất bán dẫn hấp thụ một photon thì sẽ sinh ra một cặp electron-lỗ trống. Ứng dụng tính chất này của PN để tạo ra một dòng nghịch ti lệ thuận với cường độ bức xạ ánh sáng (hình 965.1a). Đặc tính của bộ thu quang (đặc biệt là tốc độ đáp ứng) được cải thiện đáng kể nếu ta thêm vào một lớp pha tạp, gọi là I (intrinsic) vào giữa 2 lớp P và N. Điốt có cấu trúc như vậy gọi là bộ thu quang PIN (hình 965.1b).



Hiệu suất lượng tử

Một electron được tách ra nếu năng lượng của photon hấp thụ vượt quá mức lượng tử của chất bán dẫn được sử dụng. Năng lượng của photon tùy thuộc vào bước sóng ánh sáng bức xạ, hiệu suất tối đa của bộ thu quang ở các bước sóng thu được khác nhau tùy thuộc vào chất bán dẫn được sử dụng,

Hiệu suất lượng tử được định nghĩa là tỉ lệ giữa “số các điện tử phát ra trong một khoảng thời gian” và “số photon tới (hấp thụ) trong một khoảng thời gian. Hình 965.2 thể hiện đồ thị của hiệu suất lượng tử đối với 3 loại bán dẫn khác nhau (Silicon, Gallium-Indium-Arsenide) đối với các bước sóng.

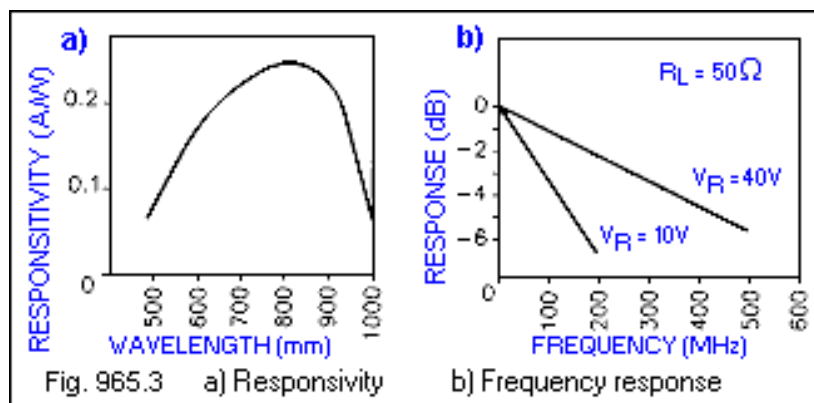


Đáp ứng

Một trong các thông số thực tế thường sử dụng là đáp ứng, thể hiện ở mối quan hệ giữa cường độ dòng điện sinh ra với công suất quang đến (hấp thụ). Hình 965.3a thể hiện đồ thị đáp ứng của bộ thu quang sử dụng chất bán dẫn Silicon.

Đáp ứng tần số (thời gian đáp ứng)

Những thông số này định nghĩa năng lực của bộ thu quang trong việc phát hiện tín hiệu quang có tần số cao. Hình 965.3b thể hiện đáp ứng tần số của bộ thu quang.

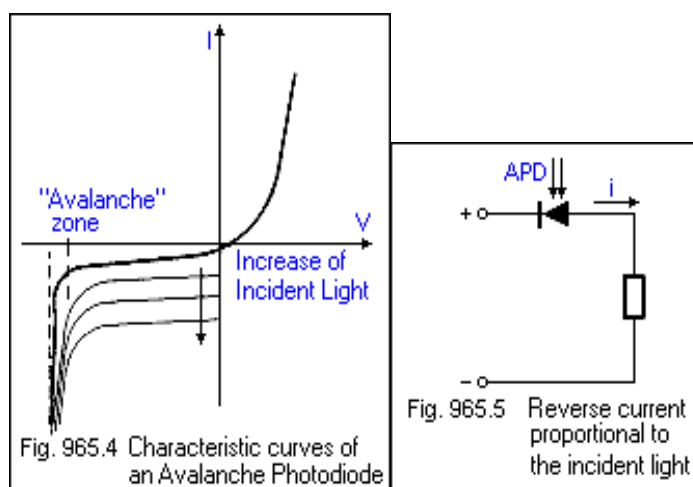


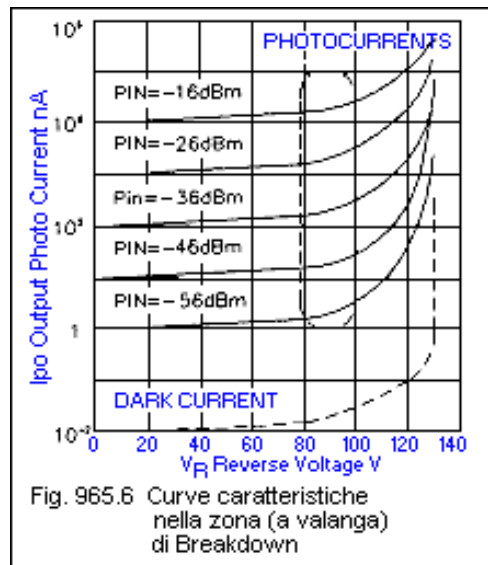
6.2.3. Điốt quang thác (APD – Avalanche Photodiodes)

Điốt quang thác (APD) chuyển đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện. Một APD được phân cực ngược trong vùng Breakdown, cũng được gọi là vùng thác (hình 965.4). Nhờ hiệu suất của vùng thác, điện tử sinh ra từ ánh sáng yếu lại được sinh ra từ những ánh sáng yếu của dòng ngược cao hơn. Do đó APD sinh ra dòng ngược tương ứng với ánh sáng tới (hình 965.5), nhưng dòng này có giá trị cao hơn dòng được sinh ra từ diode thông thường.

Vật liệu thông dụng nhất của APD là Silicon (Si), với bước sóng từ 600 đến 900nm, Ge với bước sóng từ 1200 tới 1500 nm, InGaAs với bước sóng cao hơn. Điện áp Breakdown khoảng cỡ vài trăm Volt, điện áp của vật liệu làm từ Silic khoảng vài chục Volt và khoảng 100 Volt cho vật liệu làm từ InGaAs.

Ở góc phần tư thứ 3 chỉ ra hình 965, và ghi lại giá trị của điện áp ngược V_R trên trục X và dòng photon I_p (đó là dòng ngược) trên trục Y, nó biểu diễn vùng hoạt động của chính bản thân APD. Hình 965.6 chỉ ra những đường cong, quan hệ với ánh sáng tới, trong APD làm từ Silicon với điện áp Breakdown vào khoảng 130V nhờ hiệu ứng thác lũ.





Các thông số chính:

Một trong những thông số chính đặc trưng cho vùng hoạt động của APD là:

- Dòng tối I_D : dòng ngược qua APD không có ánh sáng tới. Nó phụ thuộc điện áp phân cực ngược và tỉ lệ bước sóng.
- Hệ số nhân M : là một thông số quan trọng của APD. Tham khảo hình 965.7, nó được định nghĩa là tỉ số giữa dòng photon (b) của vùng thác và dòng photon (a) có sẵn trong vùng hoạt động của photodiode. Sản phẩm cung cấp dòng tương ứng với M và dòng tối chống lại điện áp phân cực ngược (hình 965.8)
- Độ nhạy S : nó quyết định dòng cung cấp năng lượng quang tới như thế nào:

$$S = \frac{\text{output photocurrent}}{\text{incident optical power}} = \frac{I_p}{P} \quad [\text{A/W}]$$

Độ nhạy được định nghĩa là giá trị giá trị điện áp phân cực thấp, khi mà APD hoạt động như một diode thông thường. Sự sản xuất chung cũng cung cấp được đường cong đáp ứng chống lại bức xạ của ánh sáng tới.

- Đáp ứng tần số (thời gian đáp ứng): với trường hợp là một photodiode thông thường, chúng xác định điện dung của thiết bị trong tín hiệu quang được tách ở tần số cao. Hình 965.9b biểu diễn một đường cong đáp ứng đặc trưng.

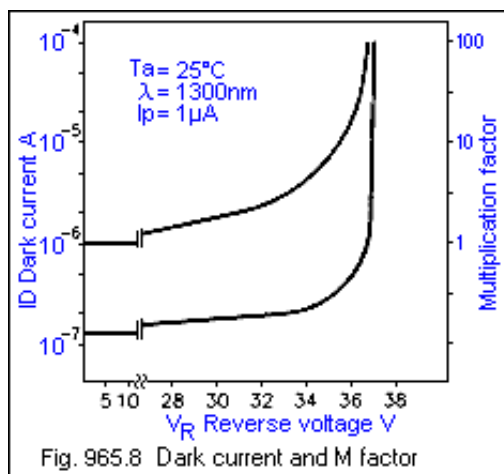
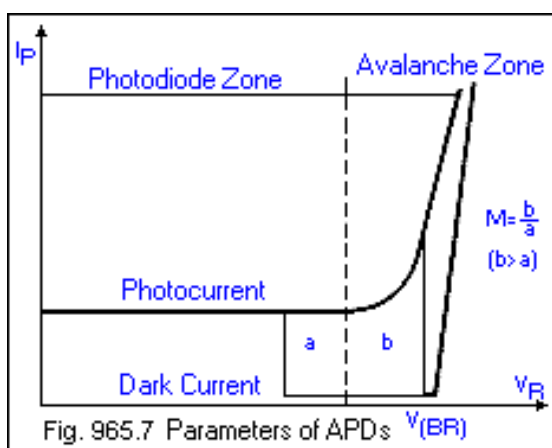
Theo như định nghĩa được đề cập ở phía trên, dòng photo I_p được sinh ra bởi một APD được xác định bởi công thức sau:

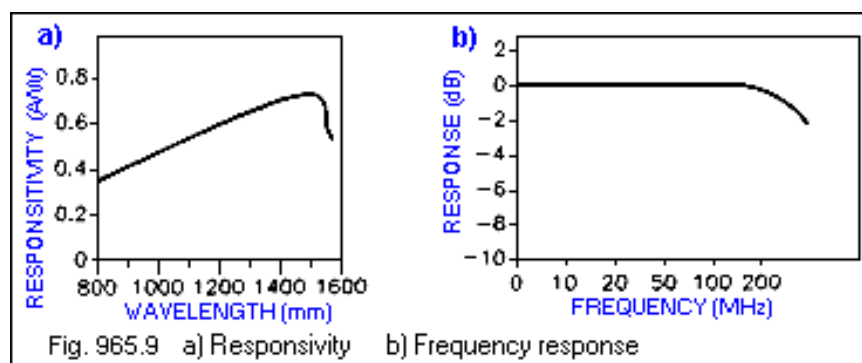
$$I_p = S.M.P \quad [\text{A}]$$

Nếu APD được phân cực trong vùng thác, hệ số nhân M sẽ rất lớn, và do đó dòng photo I_p có giá trị cao hơn từ photodiode thông thường.

Những đặc trưng chính khác của photodiode thác khác với một diode thông thường là:

- Đáp ứng nhanh hơn nhưng phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Băng thông cao hơn
- Cần điện áp phân cực cao hơn
- Giá thành cao hơn
- Cách giải quyết phức tạp hơn: dòng phân cực thực tế, và điều kiện nhiệt độ phải thường xuyên thay đổi.



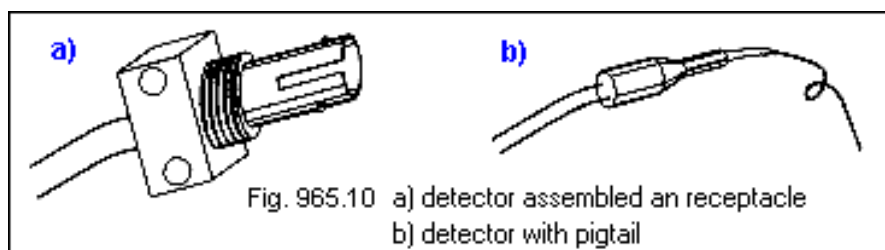


6.2.4. Kết nối sợi quang

Bức xạ ánh sáng tới từ sợi quang phải được đưa tới bề mặt của bộ tách sóng. Sự chế tạo cung cấp photodiode và photodiode thác (giống như nguồn quang khác, giải thích cho bài trước) phải được lắp đặt trong trường hợp này để kết nối với sợi quang.

- Với rắc cắm (hình 965.10a): các sản phẩm chung chỉ ra những vùng bề mặt hoạt động thiết bị Numerical Aerture.
- Với *pigtail* (hình 965.10b): thiết bị hướng tới dạng đặc biệt của sợi quang sử dụng cấu trúc *pigtail* và Numerical Aperture.

Trong trường hợp đầu tiên, sợi quang được nối tới nguồn xuyên qua bộ kết nối (jam cái trên nguồn, jam đục trên sợi quang). Trong một trường hợp khác, khi kết nối được thực hiện, sợi quang hàn trực tiếp trên *pigtail* bộ tách sóng.



6.2.5. Khuếch đại tín hiệu sau bộ tách sóng

Tín hiệu được phát bởi bộ tách sóng quang có thể được khuếch đại qua hai loại mạch sau:

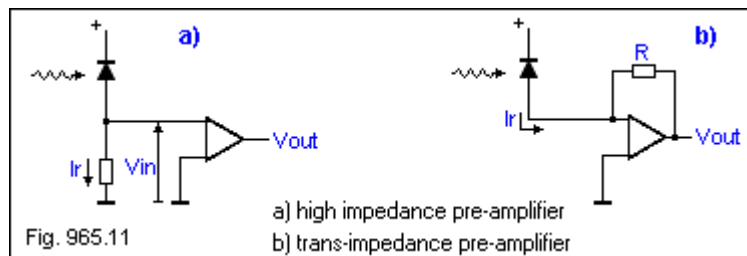
- Khuếch đại trở kháng cao (hình 965.11a).
- Khuếch đại biến đổi trở kháng (hình 965.11b).

Trong trường hợp đầu tiên, dòng phát bởi máy tách sóng quang (tỷ lệ thuận với tín hiệu quang) qua một điện trở tạo ra tín hiệu điện áp sau đó tín hiệu này được khuếch đại.

Trong bộ khuếch đại biến đổi trở kháng, dòng được chuyển đổi trực tiếp sang điện áp bởi hiệu quả của điện trở phản hồi.

Do đó: $V_{out} = I_r.R$

Những vấn đề liên quan đến độ nhạy và nhiễu, bộ khuếch đại trở kháng cao cho hiệu suất cao hơn, ngược lại bộ khuếch đại biến đổi trở kháng cho một dải thông rộng hơn.



Bảng sơ lược về bộ tách sóng quang:

Theo dõi bảng sơ lược tiêu biểu về kết nối bộ tách sóng và thác tách sóng quang.

	PHOTODIODE	PHOTODIODE THÁC LỬ
Độ nhạy	0.1-1 A/W	10-100 A/W cao hơn của photodiode
Bước sóng	660nm và cửa sổ sóng thứ nhất, 2, 3	Cửa sổ sóng thứ 2/3
Mạch điện phức	Trung bình/thấp	Cao
Đáp ứng tần số	Hàng trăm MHz	Hàng chục GHz
Kết cấu	Pigtail (trong cửa sổ thứ 2 và 3)	Pigtail
Giá	Trung bình (< 500 US\$)	Cao (< 1000 US\$)
Ứng dụng	<p>Đo từ xa, tín hiệu analog và data được truyền với tốc độ trung bình (10 Mb/s) và tầm ngắn (<2 Km) với sợi nhựa. Bước sóng khoảng 660nm.</p> <p>Video, data và mạng cục bộ được truyền với tốc độ trung bình (10 Mb/s) và khoảng cách trung bình (<10 km) với sợi thủy tinh. Bước sóng ở cửa sổ sóng</p>	<p>Video, data và mạng cục bộ được truyền ở tốc độ cao (200 Mb/s) và khoảng cách trung bình/ dài (100 km) với các sợi đơn mode. Bước sóng ở trong cửa sổ sóng thứ 2/3.</p> <p>Đường truyền số với tốc độ cao (Gb/s) trên khoảng cách lớn (< 400km) với các sợi đơn mode. Bước sóng trong</p>

	thứ nhất. Video, data và mạng cục bộ được truyền ở tốc độ cao (200 Mb/s) và khoảng cách trung bình (<50 km) với sợi thủy tinh. Bước sóng trong cửa sổ sóng thứ nhất, 2, 3.	cửa sổ sóng thứ 2/3.
--	---	----------------------

6.3. Thí nghiệm

6.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

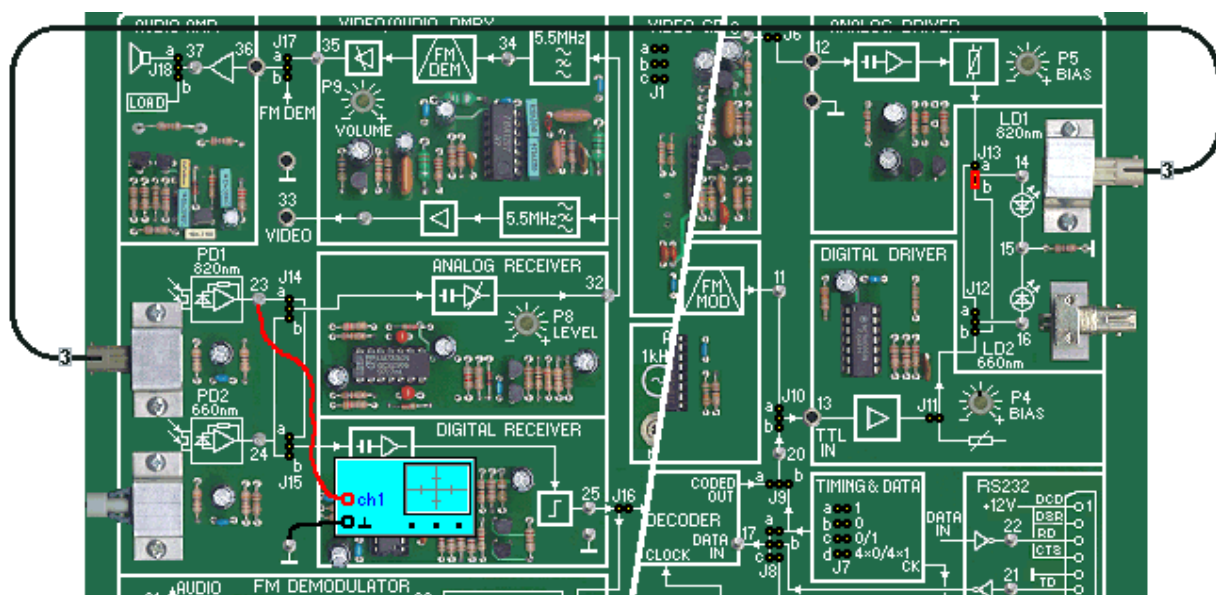
- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

6.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

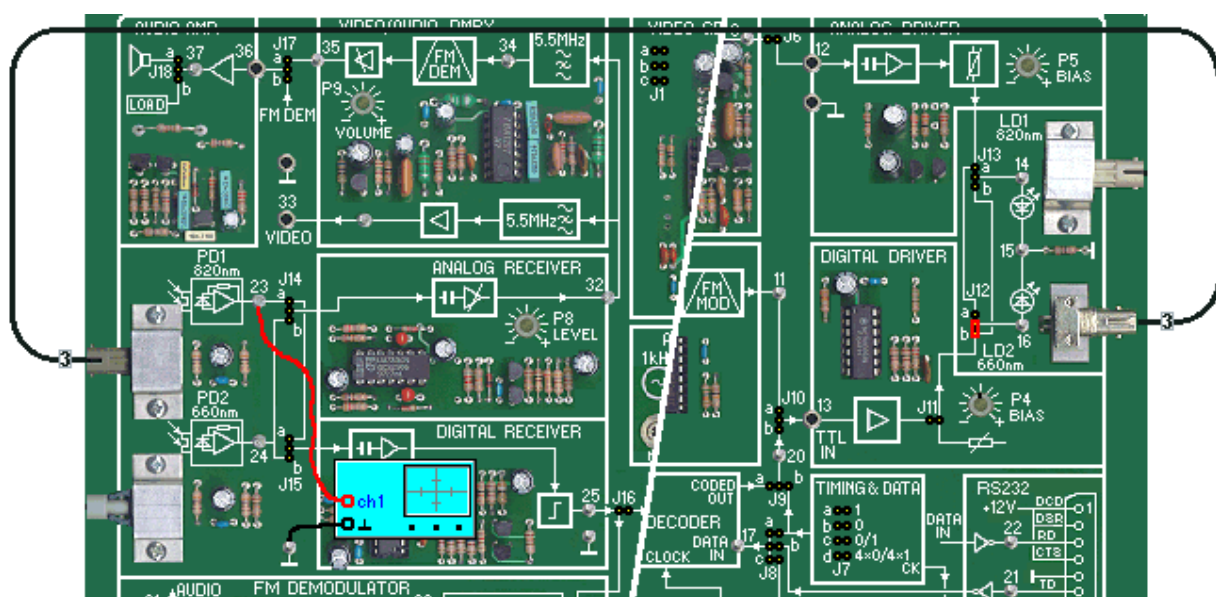
MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 965

a. Độ nhạy của bộ tách sóng Photodiode PD1

- Bật module nguồn.
- Ngắt kết nối các jumper J11-J12 và kết nối jumper J13b kết quả ta được mạch như hình dưới đây. Mạch này bao gồm LED ở bước sóng 820 nm, tăng định thiên bằng chiết áp BIAS (P4). Vặn P4 hoàn toàn về bên phải (điện áp định thiên lớn nhất).
- Kết nối LED1 và photodiode PD1 ($\lambda=820\text{nm}$) qua cáp #3 (cáp quang 200/230).
- Kết nối vôn kế (hoặc máy hiện sóng DC) với TP23, điện áp cung cấp bởi máy tách sóng được đo. Điện áp đo được tỷ lệ thuận với dòng phát ra bởi photodiode.



- Chuyển sợi quang từ LED1 (820nm) sang LED2 (660nm). Ngắt kết nối J13b và kết nối J12b.
- Đo điện áp mới tại đầu ra máy tách sóng.

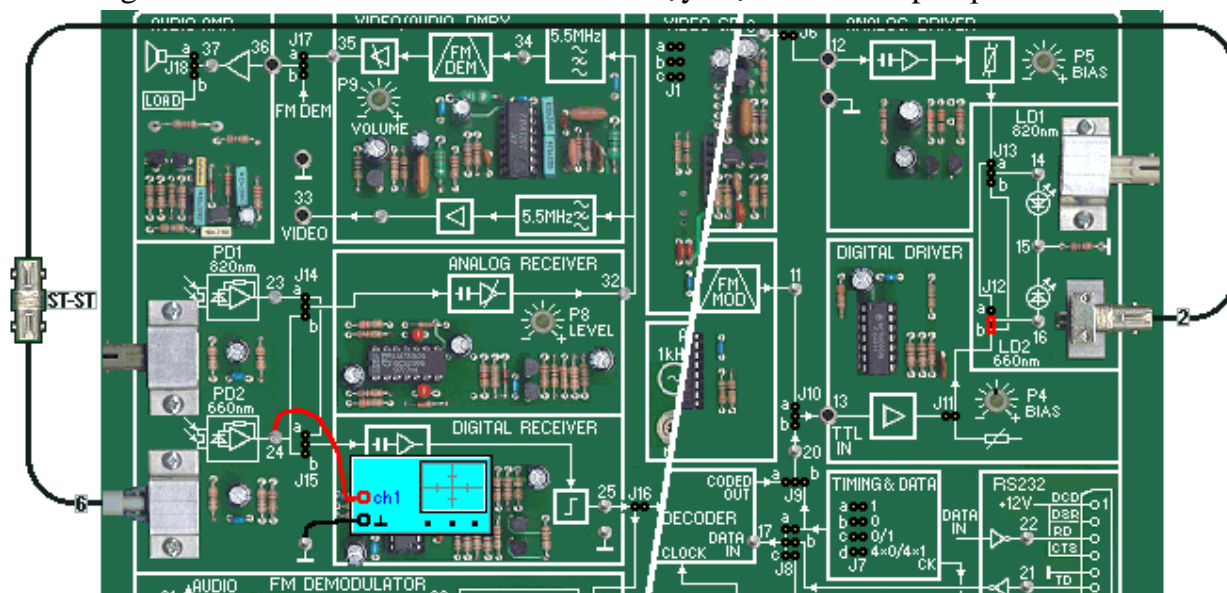


Q1: Mệnh đề nào sau đây là đúng?

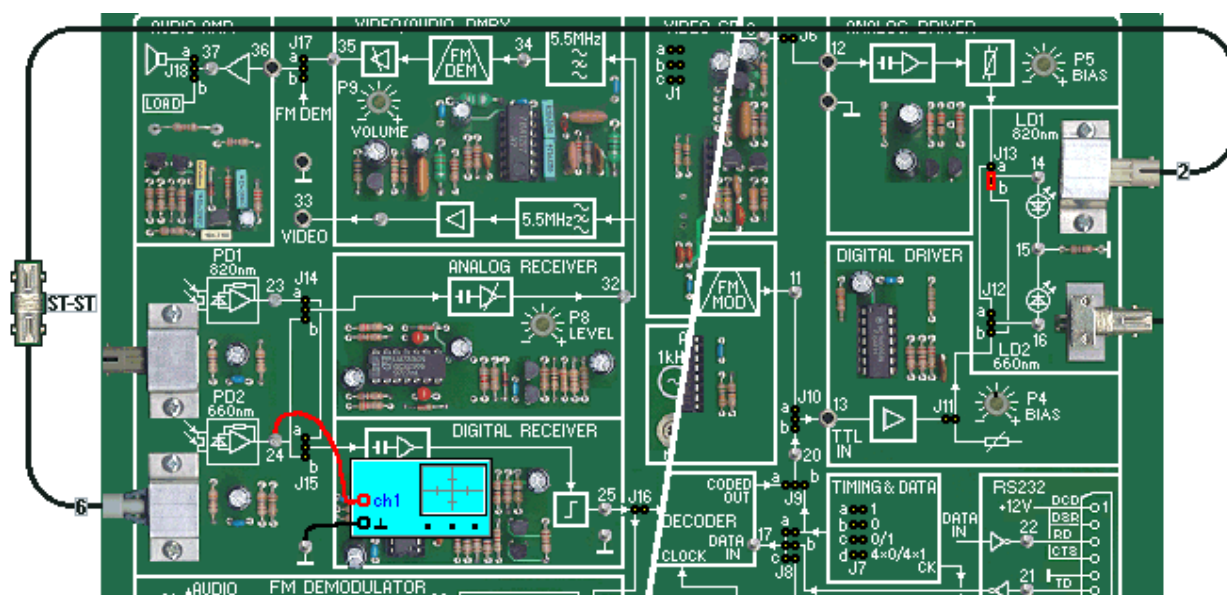
1. Điện áp bằng giá trị trong trường hợp trước (nguồn $\lambda=820\text{nm}$, máy tách sóng $\lambda=820\text{nm}$).
2. Điện áp thấp hơn do suy hao của sợi quang ở 660nm cao hơn ở 820nm.
3. Điện áp thấp hơn vì phạm vi độ nhạy lớn nhất của photodiode PD1 ở bước sóng 820nm.
4. Điện áp cao hơn trong trường hợp trước (nguồn $\lambda=820\text{nm}$, máy tách sóng $\lambda=820\text{nm}$) vì LED2 phát ra một nguồn quang cao hơn LED1.

b. Độ nhạy của bộ tách sóng Photodiode PD2

- Ngắt kết nối J11-J13 và kết nối J12b vì vậy mạch có thể sắp xếp như hình sau:



- Kết nối LED 2 với photodiode 660nm (PD2) sử dụng cáp #2 (cáp quang nhựa), bộ thích nghi ST-ST và bộ kết nối HP-ST.
- Kết nối vôn kế (hay máy hiện sóng DC) với TP24, điện áp phát bởi máy tách sóng được đo. Điện áp đo được tỷ lệ thuận với dòng cấp bởi photodiode.
- Chuyển sợi quang từ LED2 (660nm) sang LED1 (820nm). Ngắt kết nối j12b và kết nối J13b.



- Đo điện áp mới tại đầu ra máy tách sóng (TP24).

Q2: Mệnh đề nào sau đây đúng?

- Điện áp thấp hơn (trên thực tế nó đồng thời xảy ra với điện áp đo được không có tín hiệu quang) vì photodiode PD2 đạt độ nhạy lớn nhất tại bước sóng 660nm và suy hao của sợi quang ở 820nm cao hơn ở 660nm.

2. Điện áp cao hơn trong trường hợp trước (nguồn $\lambda=660\text{nm}$, máy tách sóng $\lambda=660\text{nm}$) vì LED1 phát ra nguồn quang cao hơn LED2.
3. Điện áp bằng trong trường hợp trước (nguồn $\lambda=660\text{nm}$, máy tách sóng $\lambda=660\text{nm}$).
4. Điện áp thấp hơn (trên thực tế nó đồng thời xảy ra với điện áp đo được không có tín hiệu quang) vì suy hao của sợi quang ở 660nm cao hơn ở 820nm .

Q3: Có thể suy luận được những gì từ những nhận xét trên?

1. Photodiode có đường cong đáp ứng không phụ thuộc vào chiều dài sóng tới.
2. Độ nhạy lớn nhất của cả hai photodiode đạt được ở 660nm .
3. Photodiode PD1 đạt độ nhạy lớn nhất ở 660nm , PD2 ở 820nm .
4. Độ nhạy lớn nhất của cả hai photodiode đạt được ở 820nm .
5. Photodiode PD2 đạt được độ nhạy lớn nhất ở 660nm , PD1 ở 820nm .

➤ **Đưa ra nhận xét và trả lời các câu hỏi Q1 đến Q8?**

BÀI 7: GIỚI THIỆU HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG

7.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả hệ thống thông tin cáp quang.
- Mô tả việc đo kích thước của liên kết sợi quang.

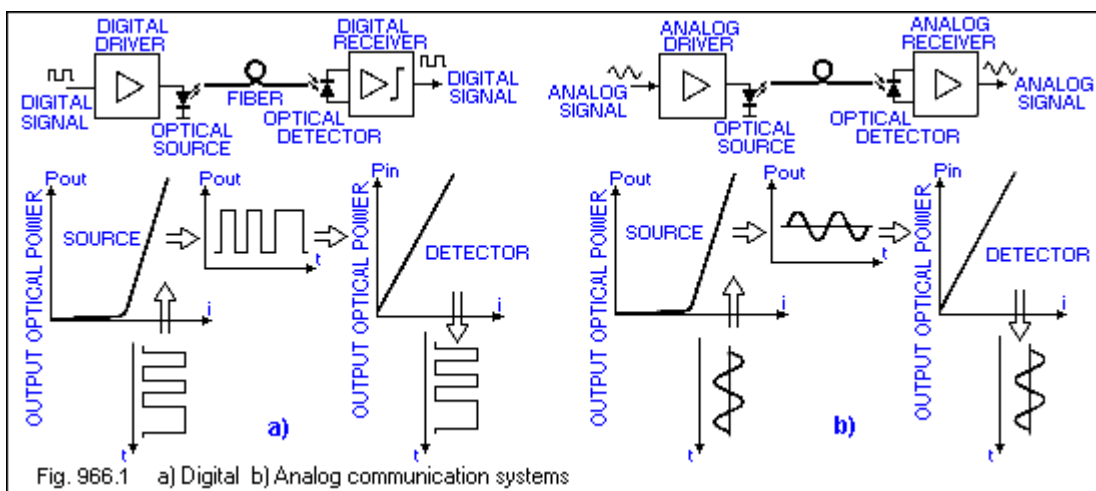
Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PSU hoặc PS1
 - b. Giá đỡ
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS2 hoặc SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40

7.2. Cơ sở lý thuyết

7.2.1. Giới thiệu

Máy phát và thu tín hiệu quang có thể được dùng để truyền (và nhận) tín hiệu số hoặc tương tự (Hình 966.1). Trong trường hợp thứ nhất, nguồn phát ra hai cấp độ điện quang tương ứng với tín hiệu số “cao” hay “thấp”. Trong các trường hợp khác, nguồn phát ra một năng lượng quang thay đổi liên tục, theo tín hiệu truyền động tương tự. Sử dụng truyền dẫn số hoặc tương tự sẽ phụ thuộc vào định dạng của các thông tin được truyền. Nếu thông tin là các loại kỹ thuật số thì sẽ dùng bộ truyền kỹ thuật số và ngược lại, nếu thông tin là tương tự thì sẽ sử dụng bộ truyền tương tự, nó cũng có thể truyền đi bằng bộ truyền số nhưng trước khi truyền đi cần gửi qua bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số trước.



7.2.2. Hệ thống truyền thông kỹ thuật số

Cấu trúc chung của một hệ thống truyền thông kỹ thuật số được hiển thị trong hình 966.2

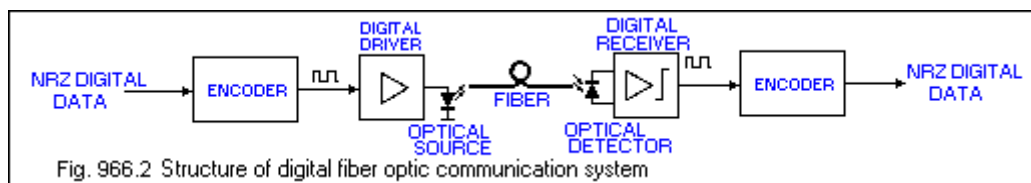
Thông thường, trước khi được áp dụng cho máy phát quang thực tế thì dữ liệu số phải qua xử lý hoặc mã hóa. Có nhiều loại mã hóa khác nhau (Manchester, mã lưỡng cực; 3B4B, 6B8B, 9B10B, mã khối) tất cả đều thực hiện chức năng kép :

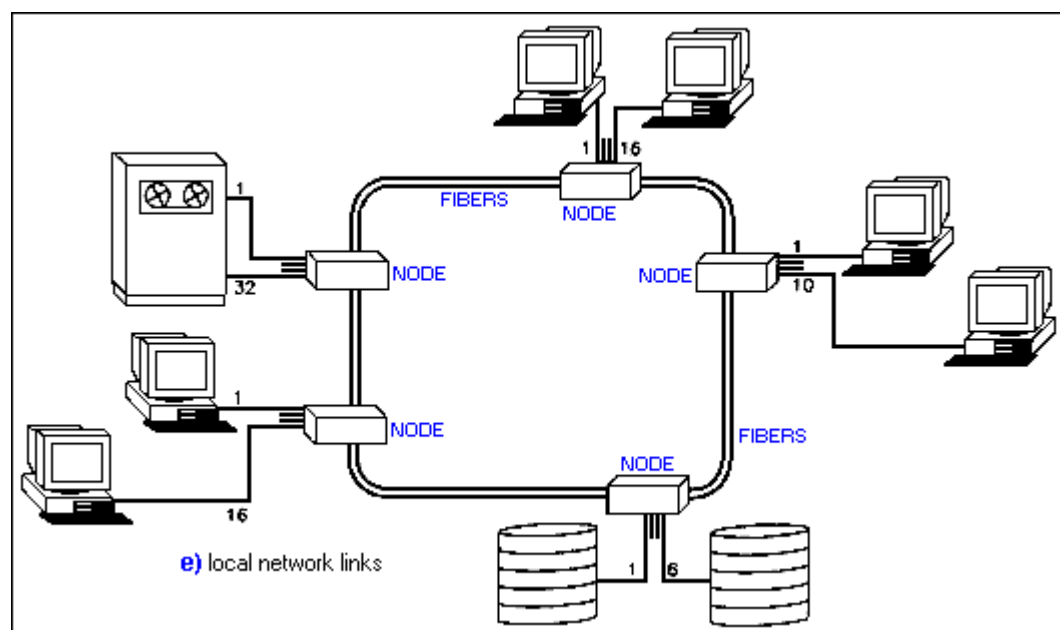
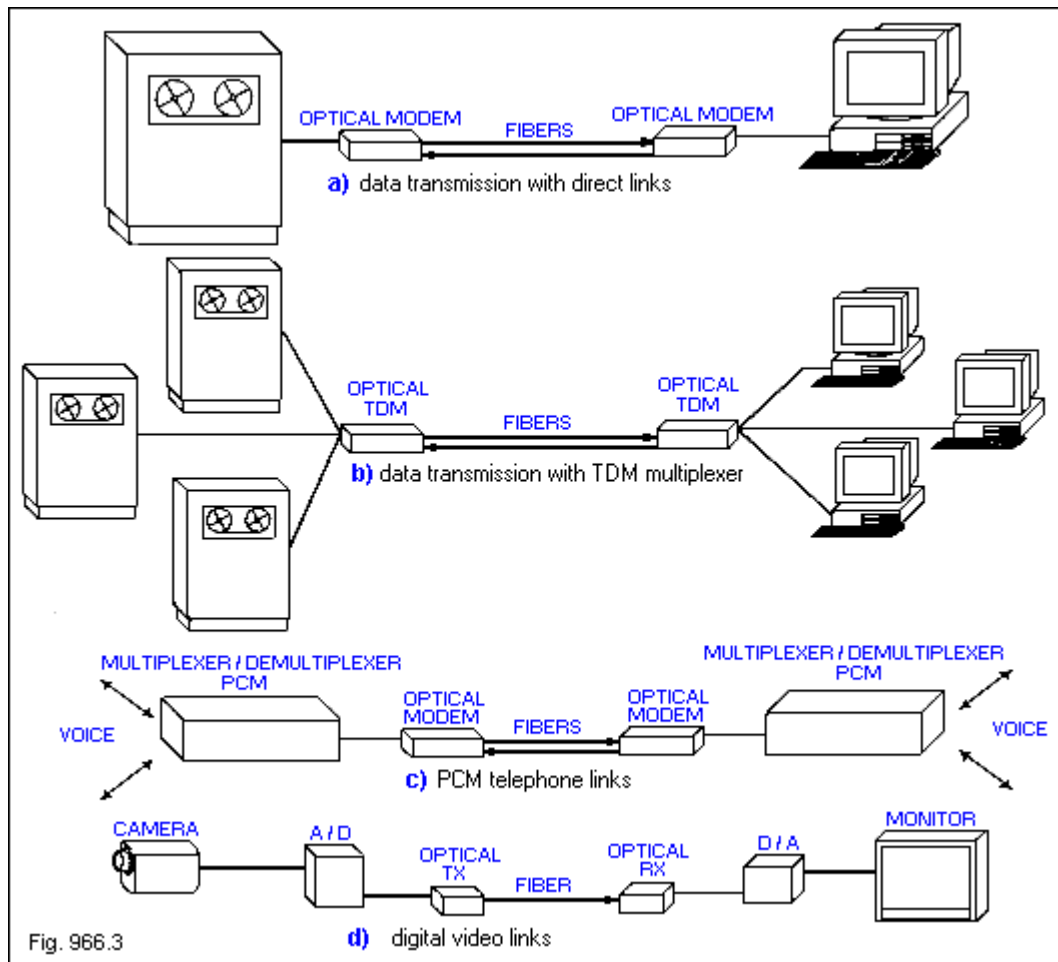
- Loại bỏ dòng bù một chiều của các tín hiệu số ban đầu thường có định dạng NRZ (Non-Return-to-Zero)
- Áp dụng nửa chu kỳ sóng của tín hiệu được gửi đi , để cải thiện thời gian tái tạo, cần thiết cho việc ghi bit chính xác

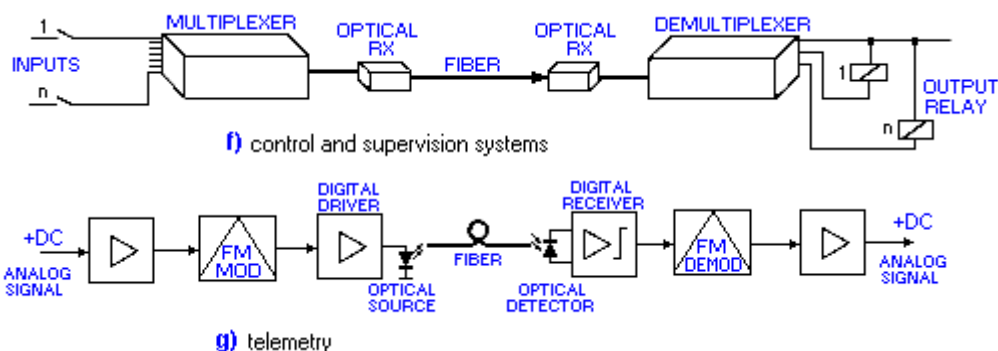
Các ứng dụng chính của các hệ thống truyền thông kỹ thuật số bao gồm (Hình 966.3):

- Truyền dữ liệu với các liên kết
- Truyền dữ liệu với TDM (Time Division Multiplexing)
- Các liên kết thoại PCM
- Các liên kết kết video kỹ thuật số
- Các liên kết mạng cục bộ
- Hệ thống điều khiển và giám sát
- Đo lường từ xa.

Trong đo lường từ xa, nó là cần thiết để truyền tải các tín hiệu tương tự thu được từ các phép đo, các tín hiệu này thường có tần số rất thấp và cần dòng bù. Một phương pháp thường được sử dụng bao gồm chuyển đổi tín hiệu thay đổi tần số của xung vuông, hay nói cách khác, thực hiện điều chế FM của nguồn cấp sóng vuông.







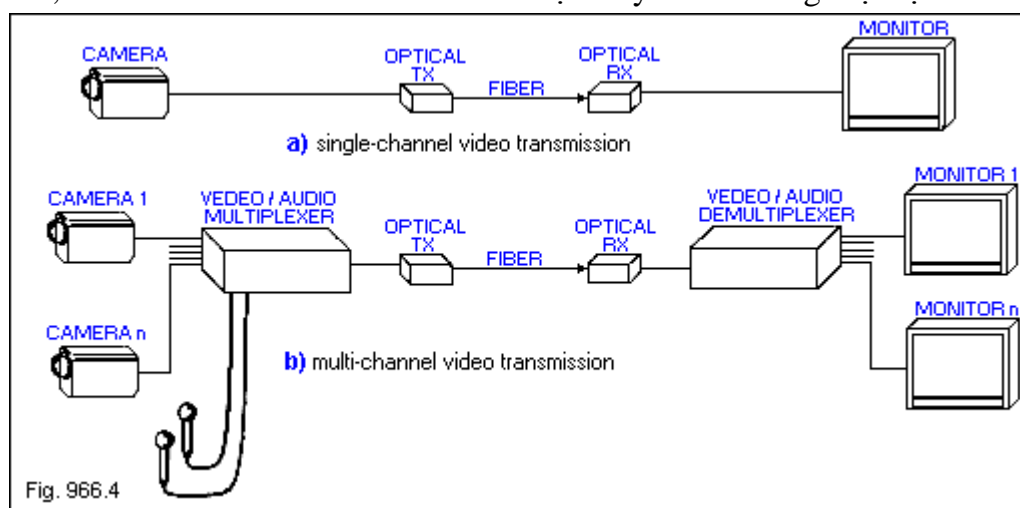
7.2.3. Hệ thống truyền thông tương tự

Hệ thống truyền thông tương tự được sử dụng chủ yếu để truyền tín hiệu video, cho các ứng dụng hệ thống điều khiển bằng đường dây điện thoại, hội nghị truyền hình, truyền hình các chương trình TV, vv

Nếu chỉ có một kênh video được truyền đi, các tín hiệu trực tiếp được điều chỉnh từ các chương trình điều khiển tương tự (hình 964.4a).

Ngoài ra còn có một số ứng dụng mà kênh video (với hệ thống âm thanh của nó) được truyền đi cùng một lúc trên sợi cáp đơn (hình 966.4b). Trong trường hợp này các kênh được ghép với kỹ thuật FDM (Frequency Division Multiplexing), trước khi được áp dụng cho các trình điều khiển tương tự. Thu được các tín hiệu được tách ra thông qua bộ lọc và bộ điều biến.

Mạch của module MCM40 có thể được sử dụng để kết hợp 1 kênh video và 1 kênh âm thanh, và sau đó tất cả các kênh có thể được truyền trên cùng một sợi.



7.2.4. Xác định kích thước đường dẫn

Quy công suất

Thiết kế của đường cáp quang bao gồm cả việc tính toán được gọi là quy công suất

Xét hình 966.5 sơ đồ điển hình của một liên kết sợi quang được chỉ ra. Nguồn quang có sẵn tại các điểm khác nhau của liên kết có liên quan với nhau theo công thức sau:

$$P_{T-x,a} - P_L = P_R$$

Trong đó:

P_T = công suất từ nguồn và nạp vào sợi. Các nhà sản xuất thường chỉ rõ loại sợi (đường kính lõi và khẩu độ số) có công suất được kể đến. Nếu sợi được sử dụng là khác nhau từ những nguồn được mô tả trong cuốn sổ tay này, công suất có hiệu quả đối với các sợi sẽ phụ thuộc vào sự khác nhau của đường kính (rõ ràng là chỉ đường kính của máy thu là ngắn hơn của máy phát) hoặc khẩu độ số (trong trường hợp này chỉ khi khẩu độ số của máy thu cao hơn so với của máy phát). Sự khác biệt về công suất APD do sự khác biệt của đường kính được thể hiện theo công thức:

$$\Delta P_D \approx 20 \log (D_1 / D_2) \quad \text{dB}$$

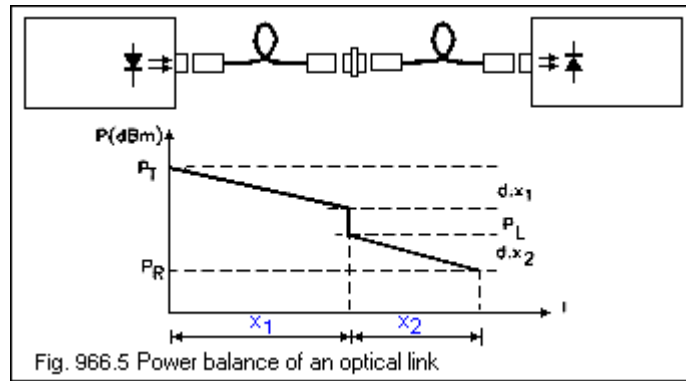
Sự khác nhau về công suất ΔP_{NA} do sự khác biệt về khẩu độ số được thể hiện theo công thức:

$$\Delta P_{NA} \approx 20 \log (D_{NA1} / D_{NA2}) \quad \text{dB}$$

Xét ví dụ của một nguồn phát ra với công suất -12,5 dBm vào một sợi 62,5 μm với $NA = 0,29$. Nếu các sợi được sử dụng có đường kính 50 μm với $NA = 0,23$, công suất phát bởi nguồn vào sợi là:

$$P_T = -12.5 + 20 \log (50/62.5) + 20 \log (.23/.29) \approx -16.4 \text{ dBm} .$$

- a = suy hao của mỗi sợi cho mỗi Km (dB/km)
- x = chiều dài của sợi
- P_L = hạn chế các thành phần tổn hao của sợi, chẳng hạn như kết nối, chỗ nối, vv
- P_R = công suất quang cung cấp cho máy thu



Xét độ nhảy của máy thu, đó là mức điện quang PRM cần thiết cho các đường dẫn có chất lượng nhất định (trong các hệ thống kỹ thuật số này thường được thể hiện bằng tỷ lệ dung sai tối đa, thông thường là 10^{-9}): từ công thức ban đầu có thể có được quỹ công suất P_M :

$$P_M = P_T - P_{Rm} = x - a + P_L$$

Như nó được biểu diễn trong công thức trước đó, quỹ công suất là một giá trị mà chỉ ra lượng điện năng quang học có thể bị mất trong các liên kết theo một số chất lượng các thông số đã nói ở trên. Do đó nó sẽ xác định khoảng cách tối đa nếu kết nối được. Ví dụ, hãy xem xét một cặp truyền / nhận cung cấp quỹ công suất của 18 dB trên một sợi của $50\mu m$ với $NA = 0,23$. Nếu các sợi được sử dụng có suy hao là 3dB/km và không có thành phần trung gian được kết nối, D_{max} khoảng cách tối đa cho phép sẽ là:

$$D_{max} = 18/3 = 6 \text{ km.}$$

Rõ ràng là các vấn đề giải thích cho đến bây giờ chỉ quan tâm đến sự cân bằng công suất. Trên thực tế khoảng cách cho phép tối đa cũng phụ thuộc vào tốc độ truyền tải, phương thức tán sắc (là một hàm của chiều dài sợi) có thể ngăn chặn truyền với tốc độ cao trong một khoảng cách nhất định.

Nếu máy thu bao gồm các bộ tách sóng quang và bộ khuếch đại trở kháng, đôi khi các nhà sản xuất không cho biết giá trị độ nhảy, nhưng công suất tương đương với nhiều quang học có sẵn tại đầu vào máy thu (tương đương nhiều đầu vào công suất quang PN). Thông thường công suất của tín hiệu quang học hữu ích phải được khoảng 11 dB cao hơn PN, để có được một tỷ lệ lỗi là 10^{-9} .

Ví dụ về tính toán của một đường dẫn

Các đặc tính của các thành phần lắp ráp trên mô-đun (LED và điốt quang ở 820 nm, và sợi quang học 50/125 - cáp # 4) là:

Máy phát :

- Bước sóng: 820 nm
- Số khẩu độ: 0,31
- công suất quang PT trong sợi
- -16,5 dBm trên sợi 50/125 với $NA = 0,18$

- -3 dBm trên sợi 200/230 với NA = 0,4

Máy thu :

- độ nhạy tối đa: 820 nm
- năng lượng nhiều quang học tương đương PN: -43 dBm
- số khẩu độ: 0,35
- năng lượng đầu vào tối đa: -7,6 dBm

Sợi 50/125 (cáp quang # 4)

- sợi 50/125 μm
- NA = 0,22
- suy hao ở 820 nm: 3 dB / km

Khẩu độ số của các sợi mẫu (xem các đặc tính của máy phát) là thấp hơn so với cáp # 4, nhưng sự khác biệt này không ảnh hưởng đến công suất quang PT vào các sợi quá nhiều, trong thực tế công suất này là:

$$P_T = -16.5 \text{ dBm}$$

Tỷ lệ lỗi cao hơn 10^{-9} có thể thu được khi công suất P_{RM} nhỏ nhất, có sẵn tại đầu vào máy thu là:

$$P_{RM} \ll -43 \text{ dBm} + 11 \text{ dB} = -33 \text{ dBm}$$

Sau đó quỹ công suất sẽ là :

$$P_M = P_T - P_{RM} * 18 \text{ dB}$$

Xét tổn thất do hai đầu nối (bằng khoảng 1,5 dB cho mỗi kết nối), suy hao tối đa do sự sợi quang không thể vượt quá giá trị $18 - 3 = 15 \text{ dB}$. Khi các sợi được lựa chọn có sự suy hao 3 dB / km, D_{\max} khoảng cách tối đa cho phép sẽ là:

$$D_{\max} = 15/3 = 5 \text{ km.}$$

7.3. Thí nghiệm

7.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

7.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 966
-------------	----------------------------

Trả lời các câu hỏi Q1, Q2 và Q3?

BÀI 8: HỆ THỐNG THÔNG TIN LIÊN LẠC SỐ

8.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả hoạt động của một máy phát quang kỹ thuật số.
- Mô tả các hoạt động của một máy thu quang kỹ thuật số.
- Thực hiện các phép đo trên hệ thống thông tin liên lạc.

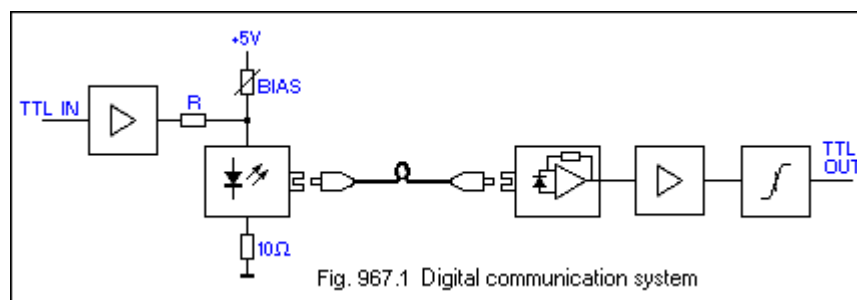
Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PSU/PS1
 - b. Module cơ bản
 - c. Module điều khiển: SIS1/SIS2/SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope, đồng hồ vạn năng.

8.2. Cơ sở lý thuyết

8.2.1. Giới thiệu

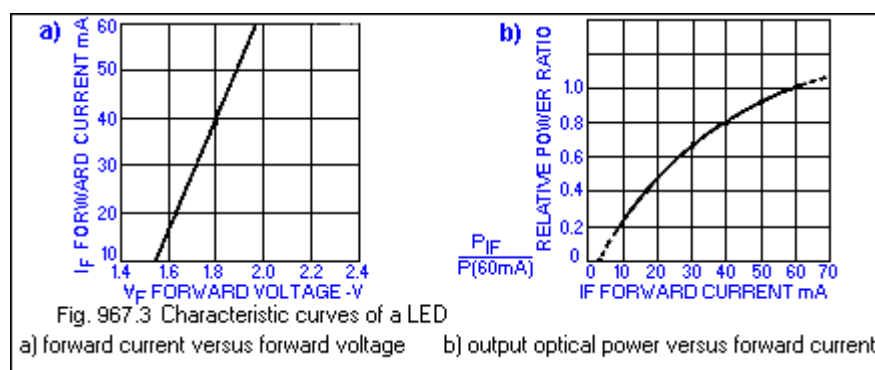
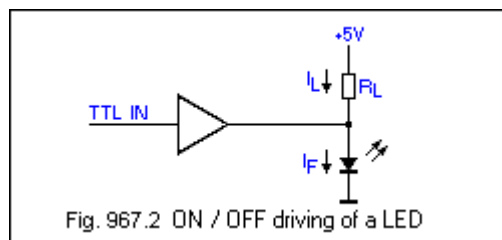
Hệ thống thông tin liên lạc kỹ thuật số lắp ráp trên mô-đun (Hình 967.1) phù hợp cho việc truyền tải các tín hiệu kỹ thuật số TTL. Các tín hiệu TTL điều chỉnh cường độ bức xạ của ánh sáng phát ra bởi nguồn quang LED gắn trên một bộ kết nối cho kết nối sợi quang. Tiếp theo, sợi quang được kết nối với bộ tách sóng quang (photodiode PIN). Dòng đầu ra của diode tách sóng quang được khuếch đại bởi một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng (lắp cùng photodiode) cung cấp một điện áp đầu ra. Sau đó, có một bộ khuếch đại băng rộng và một giao diện cung cấp tín hiệu tương thích TTL.



8.2.2. Bộ phát

Hình 967.2 cho thấy một phương pháp đơn giản để chuyển đổi một tín hiệu điện TTL thành một xung quang học. Quan sát mạch và các đường đặc tính được hiển thị trong hình 967.3, nó miêu tả cho "dòng điện / điện áp" và "đầu ra nguồn quang P_{out} / dòng chuyển tiếp I_F ", đặc điểm của một đèn LED: khi tín hiệu TTL là cao, dòng qua các điện

trở R_L chảy vào LED và diode phát ra nguồn quang. Khi tín hiệu thấp, dòng I_L bị hấp thụ bởi các cổng TTL, dòng I_F là gần như bằng 0 và không có nguồn quang được phát ra.



Sử dụng điện trở định thiên trước và tụ tăng tốc

Trong trường hợp này, dòng chuyển tiếp của LED tăng từ 0 đến một giá trị tối đa được giới hạn bởi các điện trở R_L . Quá trình này điều khiển hoạt động của LED chuyển từ vùng cắt lên vùng bão hòa gây ra sự thăng giáng của các xung quang, yêu cầu phải giảm độ sâu của vùng tiếp giáp (điện dung tiếp giáp). Điện dung tiếp giáp có thể được giảm xuống nhờ quá trình định thiên cho LED sao cho nó luôn luôn ở trong vùng mở. Dòng định thiên nhỏ này sẽ đảm bảo điện dung tiếp giáp không ảnh hưởng đến quá trình chuyển đổi trạng thái của LED sang trạng thái OFF. Việc điều khiển LED chuyển từ trạng thái ON sang OFF và ngược lại bằng cách sử dụng một tụ tăng tốc sẽ làm giảm đáng kể số lần thăng giáng của tín hiệu.

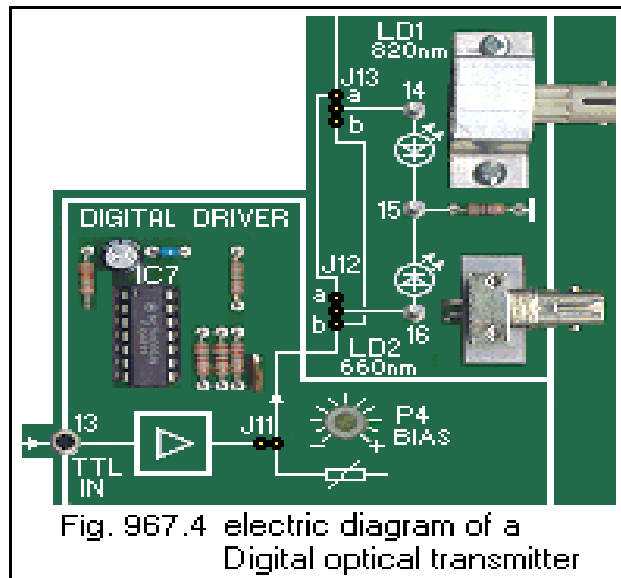
Sơ đồ điện

Tham khảo sơ đồ điện được hiển thị trong hình 967.4. Các tín hiệu TTL được biểu diễn bởi hai mức điện áp: 5V tương ứng với mức nhị phân 1 và 0V tương ứng với mức nhị phân 0, được đưa vào một mạng lưới các cổng NAND. Ba cổng này được kết nối như là bộ đảo: một trong ba cổng hoạt động như một bộ đệm phân tách, trong khi hai cổng khác được kết nối song song và sinh ra (và hấp thụ) một phần số lượng dòng.

Trong trạng thái ON dòng I_{Fon} đi qua các đèn LED được cấp bởi nguồn cung cấp năng lượng (thông qua điện trở R_{57} và P_4) và các cổng TTL thông qua R_{54} - R_{55} và mạch shunt R_{56}/C_{23} . P_4 cho phép thay đổi tối đa dòng cung cấp cho các đèn LED.

Trong trạng thái OFF dòng I_{Foff} là khác không, nó lưu một giá trị điện áp tối thiểu mà dòng vào cổng TTL kích thích trên các điện trở R54-R55-R56.

Các mạch điều khiển có thể được kết nối với LED ở bước sóng 660 nm (LED 2) hoặc LED ở bước sóng 820 nm (LED 1) thông qua một số bộ nhảy. Các điện trở R58 (10 Ω , trong loạt các đèn LED) được kết nối để đạt được giá trị dòng qua các LED thông qua một phép đo điện áp.



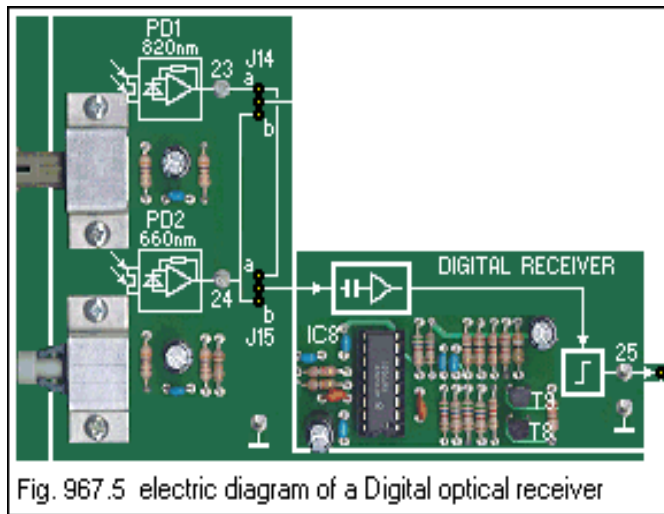
8.2.3. Bộ thu

Tham khảo sơ đồ điện được hiển thị trong hình 967.5. Các tín hiệu quang truyền bằng sợi quang và được tách bởi các photodiode PIN trong máy tách sóng. Diot quang này tạo ra một dòng tỷ lệ các photon bức xạ. Bộ khuếch đại biến đổi trở kháng được lắp bên trong cùng một máy tách sóng cung cấp một điện áp đầu ra tỷ lệ thuận với dòng đầu vào. Một trong hai máy tách sóng (PD2-660nm, PD1-820nm) có thể được kết nối sau các mạch thông qua một số bộ nhảy. Các tín hiệu điện áp được khuếch đại và vuông hóa bởi ba cổng ECL liên tiếp (IC8-MC10116) và được đưa vào một bộ chuyển đổi ECL/TTL (transistor T8-T9), kết quả tín hiệu đầu ra trong TTL được định dạng.

Lưu ý rằng bộ tách sóng quang được ghép trong dòng xoay chiều với bộ khuếch đại ECL (một khối tụ bù dòng một chiều), điều này ngăn cản sự di chuyển của dòng một chiều có thể bù thêm vào các tín hiệu. Vì vậy tín hiệu truyền không được có bất kỳ dòng bù một chiều nào. Điều này có thể thu được thông qua việc sử dụng các mã (Manchester, mã lưỡng cực hoặc những mã khác) trong truyền tải: Mục đích của chúng là để tạo ra một tín hiệu mà không chứa dòng bù một chiều nào.

Nếu bộ tách sóng quang được ghép trong dòng một chiều với bộ khuếch đại, sẽ có một số khó khăn liên quan đến các thay đổi của dòng bù một chiều của các tín hiệu quang nhận được (có thể trôi gây mất ổn định của công suất phát ra nguồn quang). Trong các hệ

thông tin quang sợi (trong tất cả các hệ thống thông tin liên lạc nói chung) dòng bù một chiều của các tín hiệu được gửi đi thường được loại bỏ (thông qua việc mã hóa thích hợp) trước khi truyền.



8.3. Thí nghiệm

8.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

8.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 967

a. Dòng định thiên của LED

- Ngắt kết nối J12 và kết nối J7b- J9b- J10b- J11- J13b, vì vậy mạch có thể được sắp xếp như được chỉ trong hình 967.6. Mạch này bao gồm LED ở bước sóng 820 nm và một tín hiệu được điều chế ở điện áp 0V (mức logic 0) được đưa tới đầu vào TTL (TP20).
- Quan sát mặt phẳng của LED bên trong hộp chứa.

Q1: Có thể ghi nhận được những gì?

1. Mặc dù nó được điều khiển bởi một tín hiệu mức thấp, đèn LED tắt hoàn toàn.
 2. Mặc dù nó được điều khiển bởi một tín hiệu mức thấp, đèn LED phát ra ánh sáng cực mạnh.
 3. Mặc dù nó được điều khiển bởi một tín hiệu mức thấp, đèn LED không phải là tắt hoàn toàn. Cường độ phát ra không phụ thuộc vào vị trí của chiết áp tinh chỉnh BIAS.
 4. Mặc dù nó được điều khiển bởi một tín hiệu mức thấp, đèn LED không phải là tắt hoàn toàn. Cường độ phát ra phụ thuộc vào vị trí của chiết áp tinh chỉnh BIAS.
- Đo điện áp V_{10} qua điện trở $10\ \Omega$ kết nối trong loạt các đèn LED (giữa TP15 và đất). Dòng chuyển tiếp I_F qua các đèn LED được xác định như sau:

$$I_F = V_{10}/10 \text{ [} V_{10} \text{ (mV), } I_F \text{ (mA)]}$$

- Dòng này có sẵn ngay cả khi tín hiệu điều khiển số ở mức logic 0 và định thiên trước, LED luôn luôn giữ nó ở mức nhỏ.

b. Điều chỉnh công suất đầu ra

- Di chuyển bộ nhảy J7 tới vị trí J7a để điều khiển các mạch TTL với một tín hiệu đã được điều chế ở điện áp +5 V (mức logic 1).
- Đo điện áp V_{10} qua điện trở của $10\ \Omega$ kết nối trong loạt các đèn LED (giữa TP15 và đất). Dòng chuyển tiếp I_F qua các đèn LED được xác định như sau:

$$I_F = V_{10}/10 \text{ [} V_{10} \text{ (mV), } I_F \text{ (mA)]}$$

- Dòng I_F cũng như công suất quang tối đa phát ra bởi đèn LED phụ thuộc vào việc điều chỉnh chiết áp tinh chỉnh BIAS (P4).

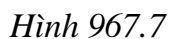
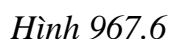
c. Dạng sóng của tín hiệu truyền

- Di chuyển bộ nhảy J7 tới vị trí J7c, ta thấy rằng các mạch TTL được điều khiển với một tín hiệu dữ liệu luân phiên 0/1.
- Kết nối osilo TP20 và TP15. Một điện áp tỷ lệ với dòng điện qua các đèn LED tại TP15.
- Tăng dòng định thiên đến mức tối đa (chiết áp P4 quay hoàn toàn bên phải).

Q2: Có thể ghi nhận được những gì trên các dạng sóng được phát hiện tại TP15?

1. Biên độ sóng tăng.
2. Dạng sóng bị bóp méo. Trong thực tế các đèn LED được điều khiển tắt trong một vùng phi tuyến.
3. Tần số sóng tăng gấp đôi.

- Bộ môn Điện tử viễn thông – Khoa Điện Tử Page 78



- Ngắt kết nối J12 và kết nối J7c-J9b-J10b-J11-J13b-J15a để mạch có thể được sắp xếp như nó được chỉ ra trong hình 967.7. Mạch này bao gồm đèn LED và Photodiode ở bước sóng 820 nm, tín hiệu dữ liệu luân phiên 0/1 được áp dụng đến đầu vào TTL (TP20).
- Kết nối các đèn LED1 với Photodiode PD1 thông qua cáp # 4 (sợi 50/125).

- Kết nối Osilo giữa TP15 và TP23. Điện áp tỷ lệ với dòng qua các đèn LED được phát hiện tại TP15, trong khi các dạng sóng điện áp được phát hiện bởi "photodiode + khuếch đại biến đổi trở kháng" có trong TP23.
- Di chuyển các sợi quang từ Photodiode PD1 (bước sóng 820 nm) sang photodiode PD2 (bước sóng 660 nm) bằng cách sử dụng bộ kết nối HP-St và bộ thích nghi ST-ST. Kết nối J15b và quan sát các dạng sóng tại đầu ra của máy tách sóng PD2 (TP24).

Q3: Các phát biểu nào sau đây là đúng?

1. Tín hiệu nhận được bằng kết quả trong trường hợp trước (nguồn: $\lambda=820$ nm, máy tách sóng $\lambda=820$ nm).
2. Tín hiệu nhận được là rất thấp, bởi vì sự suy hao của sợi quang ở bước sóng 820 nm cao hơn ở bước sóng 660 nm.
3. Tín hiệu nhận được có biên độ thấp hơn, bởi vì các Photodiode PD2 đạt đến độ nhạy cực đại ở bước sóng 660 nm, trong khi các Photodiode PD1 đạt đến độ nhạy tối đa của nó ở bước sóng 820 nm.
4. Tín hiệu nhận được là cao hơn so với kết quả trong trường hợp trước (nguồn $\lambda=820$ nm, máy tách sóng $\lambda=820$ nm), bởi vì các Photodiode PD2 có vùng cảm biến lớn hơn Photodiode PD1.

e. Dạng sóng của máy thu

- Sắp xếp các mạch như trong hình 967.7. Mạch này bao gồm đèn LED và Photodiode ở bước sóng 820 nm.
- Kết nối các đèn LED1 với Photodiode PD1 thông qua cáp quang # 4 (sợi 50/125)
- Quan sát các dạng sóng trong TP20 (tín hiệu truyền TTL), TP 15 (điện áp tỷ lệ với dòng điện qua các đèn LED), TP23 (điện áp được phát hiện bởi tổ hợp các "photodiode + bộ khuếch đại biến đổi trở kháng), TP25 (tín hiệu nhận được TTL), trên osilo.

f. Sử dụng các loại sợi quang khác nhau

Sợi quang 200/230 (cáp # 3)

- Loại bỏ sợi quang 50/125 (cáp # 4) và kết nối sợi quang 200/230 (cáp # 3).
- Chuyển chiết áp BIAS (P4) hoàn toàn bên phải (dòng định thiên tối đa).
- Quan sát các dạng sóng hiển thị TP23.

Q4: Các phát biểu nào sau đây là đúng?

1. Tín hiệu nhận được bằng tín hiệu phát hiện trong thí nghiệm trước đó (50/125, sợi cáp # 4).

2. Biên độ của tín hiệu giảm nhiều hơn so với trường hợp trước. Do trên thực tế sợi quang 200/230 (cáp # 3) có suy hao cao hơn so với sợi quang 50/125 (cáp # 4).
3. Biên độ của tín hiệu giảm nhiều hơn so với trường hợp trước. Do trên thực tế sợi quang 200/230 (cáp # 3) có khẩu độ số cao hơn sợi quang 50/125 (cáp # 4).
4. Biên độ của tín hiệu giảm nhiều hơn so với trường hợp trước, bởi vì máy tách sóng nhận được một nguồn quang quá cao và đã bão hòa. Do thực tế nguồn vào sợi 200/230 (cáp # 3) là nguồn cao hơn và loại sợi quang này có khẩu độ số cao. Ngay cả khi sợi 200/230 (cáp # 3) có suy hao cao hơn so với sợi 50/125 (cáp # 4), điều này không có ảnh hưởng lớn khi độ dài của cáp ngắn.
 - Giảm công suất đầu ra quang học (điều chỉnh BIAS) hoặc di chuyển đi các sợi quang từ máy tách sóng hoặc từ các đèn LED và nhận thấy rằng tín hiệu thu được đúng định dạng.

Cáp quang đơn mode (cáp # 5)

Lặp lại các phép đo trước đây trên sợi đơn mode 10/125 (cáp # 5). Công suất đầu ra quang học là rất thấp do giá trị khẩu độ số của sợi đơn mode rất nhỏ. Do đó hiện nay không sử dụng.

Cáp quang nhựa (cáp # 1 & # 2)

Lặp lại các phép đo trước đây trên cáp quang nhựa (cáp # 1; 1,5 m). Suy hao của một sợi nhựa ở bước sóng 820 nm cao hơn so với một sợi thủy tinh, do đó tín hiệu nhận được (TP23) có biên độ thấp hơn.

Thay thế các cáp quang nhựa dài 1,5 m bằng cáp quang nhựa dài 5 m (cáp # 2). Khi sợi cáp dài tín hiệu quang suy hao nhiều hơn.

Câu hỏi ôn tập

Q5: Các loại tín hiệu có thể được đưa vào trong trình điều khiển kỹ thuật số của các mô đun?

1. CMOS
2. TTL
3. RS232
4. ECL
5. V24

Q6: Tại sao LED phải được định thiên trước ?

1. Bởi vì đèn LED luôn luôn phải hoạt động trong trạng thái ON. Điều này làm giảm thời gian đáp ứng.
2. Bởi vì đèn LED luôn luôn phải hoạt động gần trạng thái bão hòa. Điều này làm giảm thời gian đáp ứng.

3. Vì đèn LED phải được điều khiển với điện áp xoay chiều.
4. Định thiên trước không được áp dụng cho đèn LED nhưng áp dụng cho photodiodes.

Q7: *Các bộ tách sóng quang bao gồm các mô-đun:*

1. Có độ nhạy bằng độ nhạy ở bước sóng 660 nm; PD1 bao gồm một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng, PD2 là một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng cao, cả hai đã được lắp vào trong hộp chứa ST.
2. PD1 đạt đến độ nhạy cực đại ở bước sóng 820 nm, PD2 ở bước sóng 660 nm, cả hai đều bao gồm một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng, PD1 được lắp ráp trong hộp chứa ST, PD2 trong hộp chứa *Snap_In HP*.
3. PD1 đạt đến độ nhạy cực đại ở bước sóng 660 nm, PD2 tại bước sóng 820 nm, cả hai đều bao gồm một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng, PD1 được lắp ráp trong hộp chứa ST, PD2 trong hộp chứa *Snap_In HP*.
4. PD1 đạt đến độ nhạy cực đại ở bước sóng 820 nm, PD2 ở bước sóng 660 nm, cả hai đều bao gồm một bộ khuếch đại biến đổi trở kháng, PD2 được lắp ráp trong hộp chứa ST, PD1 trong hộp chứa *Snap_In HP*.

BÀI 9: MÃ HÓA VÀ TRUYỀN DỮ LIỆU

9.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả hoạt động của các mã Manchester và mã lưỡng cực (mã hóa và giải mã).
- Xây dựng một hệ thống số sử dụng mã Manchester và mã lưỡng cực.
- Mô tả những đặc trưng chính của giao diện RS232C-V24.
- Xây dựng một hệ thống truyền dữ liệu với máy tính cá nhân.

Yêu cầu thiết bị

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/EV
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS3/EV
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope.

9.2. Cơ sở lý thuyết

9.2.1. Mã hóa Manchester/ Mã lưỡng cực

Mã NRZ

Trong hệ thống truyền dẫn số, bit dữ liệu được đặc trưng cho tín hiệu điện. Dạng đơn giản nhất là sử dụng hai mức điện áp với đặc trưng là hai mức logic 0 và 1, ví dụ +5V ứng với mức 1 và -5V ứng với mức 0. Thông thường, mỗi mức điện áp được giữ không đổi trong suốt thời gian tồn tại của một bit, do đó trong trường hợp này, mã NRZ (Non Return-to-Zero) được áp dụng.

Tín hiệu đến ngay lập tức được xác định là mức 0 hay mức 1 nhờ vào việc lấy mẫu và tín hiệu đồng hồ. Trong một vài hệ thống thì xung đồng bộ cho việc lấy mẫu được truyền tách biệt với dữ liệu; Nhưng trong phần lớn trường hợp nó được tách ra từ những tín hiệu giống nhau nhờ các mạch tái tạo đồng hồ (ví dụ như cấu trúc với mạch vòng khóa pha PLL)

Nếu việc truyền dữ liệu bao gồm những dãy dài những số 0 hoặc 1, thì rất khó hoặc không thể xác định được tín hiệu đồng hồ vì tín hiệu không có thành phần phổ để khóa PLL (hình 968.1a). Để giải quyết vấn đề khó khăn này, mã NRZ là một mã thích hợp để biến đổi tín hiệu trước khi truyền đi để chèn thêm nhưng sự luân phiên trong dạng sóng của tín hiệu (hình 968.1b). Có hai loại mã được sử dụng trong hệ thống sợi quang là mã Manchester và mã lưỡng cực.

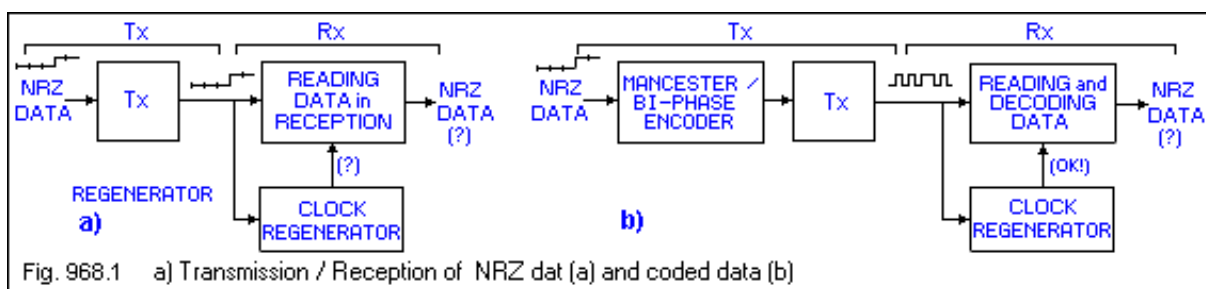


Fig. 968.1 a) Transmission / Reception of NRZ dat (a) and coded data (b)

Hình 968.1 Truyền/nhận mã NRZ (a) và mã hóa dữ liệu (b)

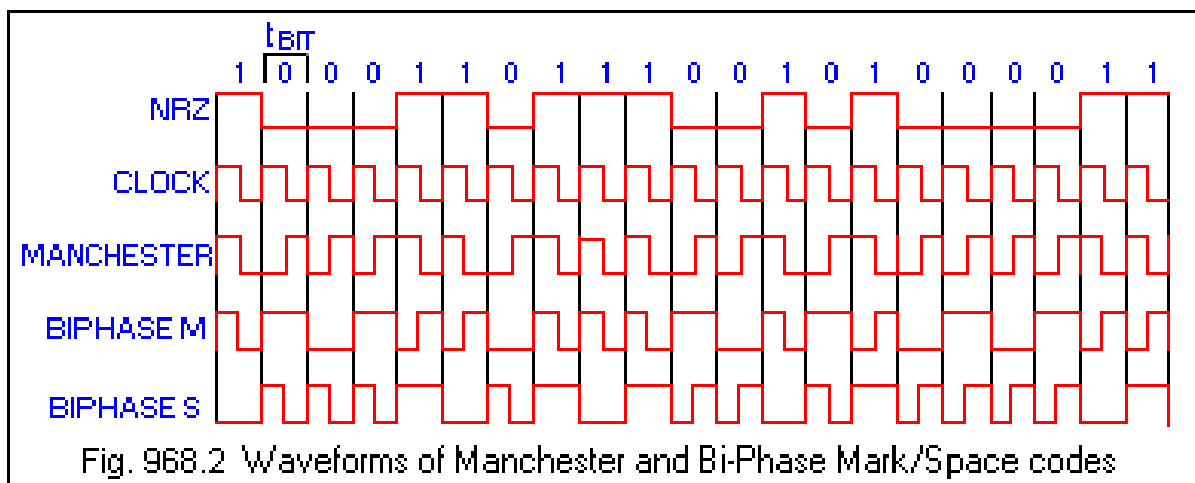


Fig. 968.2 Waveforms of Manchester and Bi-Phase Mark/Space codes

Hình 968.2 Dạng sóng của mã Manchester và Bi-Phase Mark/Space

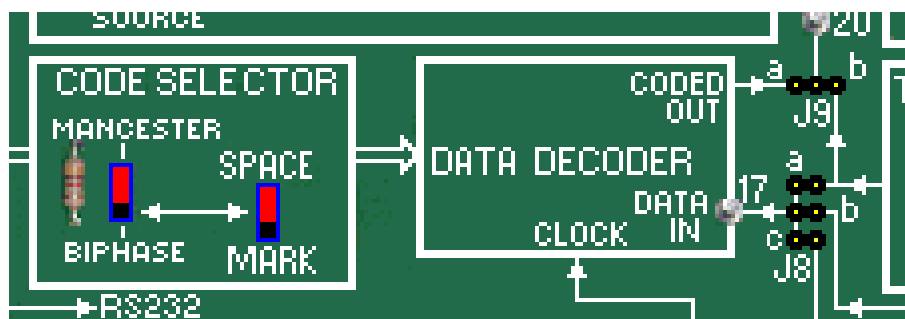


Fig. 968.3 Manchester/Bi-Phase coder circuit

Hình 968.3 Sơ đồ điện của mã Manchester/Bi-Phase

Mã Manchester

Mã manchester chèn vào khoảng giữa thời gian tồn tại của một bit. Nếu mã NRZ là 1, trạng thái sẽ được chuyển từ mức cao xuống mức thấp, nếu mã NRZ là 0 thì trạng thái sẽ chuyển từ mức thấp lên mức cao (hình 968.2). Thực tế, nếu bit là 1 thì quá trình chuyển đổi tìm thấy đồng hồ thuận và ngược lại nếu là bit 0 thì quá trình chuyển đổi hay lật trạng thái tìm thấy đồng hồ đảo.

Một giới hạn của mã Manchester là nghịch đảo của bit 1 chính xác là bit 0. Trong một số trường hợp, để xác định chính xác chiều phân cực hoặc chính xác sự tham chiếu về phase là rất khó hoặc không thể thực hiện được, vì lật trạng thái nằm ở giữa thời gian tồn tại của bit. Ví dụ, chú ý đến hai giây đảo trạng thái trong cùng một chiều điện thoại. Trong những trường hợp này, tất cả bit 1 truyền đến thì nhận là 0 và ngược lại. Chú ý rằng quá trình lật trạng thái của tín hiệu được mã hóa luôn luôn được nhận ra tại vị trí chính giữa. Những vị trí chuyển tiếp có thể được sử dụng như mép tham chiếu để tái sinh đồng hồ cho bên nhận.

Mã Bi-Phase Mark/Space

Trong mã Bi-Phase Mark mỗi bit nghịch đảo bắt đầu với một trạng thái (hoặc là từ thấp lên cao hoặc là từ cao xuống thấp). Hơn nữa, nếu dữ liệu được giải mã là 1, trạng thái thứ hai xuất hiện là bit đảo của 1, trong nửa thời gian tồn tại của bit, ngược lại nếu dữ liệu là 0 thì không lật trạng thái. Mã Bi-Phase Space cũng tương tự, ngoại trừ điểm lật trạng thái ở chính giữa xuất hiện khi dữ liệu là bit 0.

Kết quả của mã hóa Bi-Phase là dạng sóng của một bit nhị phân được giải mã với một chu kỳ đồng hồ, bit còn lại với mức năng lượng tồn tại trong suốt thời gian tồn tại của bit. Khác với mã Manchester, mép tham chiếu cho mã Bi-Phase là bắt đầu ở bit đảo ngược.

Sơ đồ điện tử

Sơ đồ điện tử của mạch mã hóa được cho ở hình 968.3. Mode hoạt động lần lượt là: Manchester/ Bi-Phase Mark/ Bi-Phase Space, có thể được chọn trong cả hai chuyển mạch.

9.2.2. Giải mã hóa Manchester/ Bi-Phase

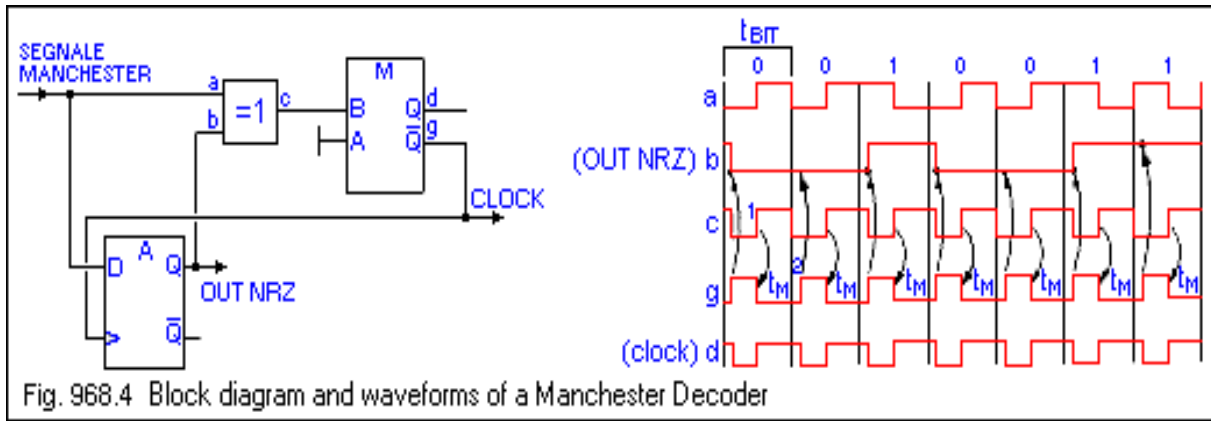
Sự phân tách đồng hồ

Quá trình giải mã yêu cầu một tín hiệu đồng hồ đọc tín hiệu được mã hóa. Tín hiệu đồng hồ này được tách rời từ những tín hiệu mã hóa giống nhau, với hệ thống PLL hay một kỹ thuật khác. Mục đích trong bài thí nghiệm này, module MCM40 bao gồm một bộ đa hài ổn định đơn (hình 968.4) được bắt đầu cho mỗi mép tham chiếu của tín hiệu mã hóa (ở giữa của bit nghịch đảo đối với mã manchester và bắt đầu của mã Bi-Phase).

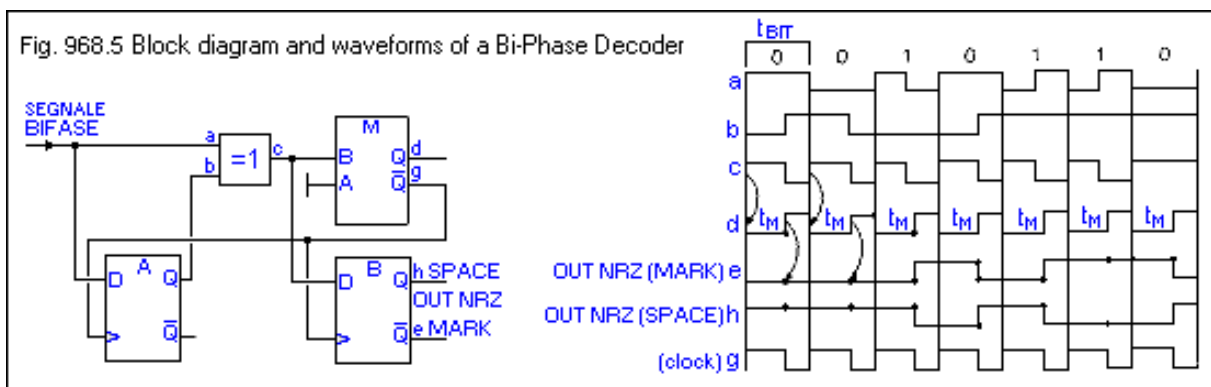
Với xung khởi động được sinh ra bởi cổng Exclusive-OR.

Giải mã hóa manchester

Hình 968.4 chỉ ra sơ đồ khối của giải mã hóa manchester với dạng sóng tương ứng, ngược lại hình 968.6 cho biết cách giải mã cho cả mã Manchester và Bi-Phase



Hình 968.4 sơ đồ khối và dạng sóng giải mã hóa của mã manchester



Hình 968.5 sơ đồ khối và dạng sóng của giải mã hóa của mã Bi-Phase

Một tín hiệu được mã hóa manchester có thể được giải mã trong suốt quá trình lấy mẫu của tín hiệu nửa thời gian tồn tại đầu tiên của bit (hình 968.4). Bộ đa hài ổn định đơn M được khởi động ở mỗi mép tham chiếu của tín hiệu mã hóa (ở điểm giữa, điện áp 1 trên dạng sóng c) và đầu ra đảo (tín hiệu g) quay trở về mức thấp. Sau khoảng thời gian t_M (luôn nhỏ hơn khoảng thời gian của một bit) bộ đa hài ổn định đơn sẽ ở trạng thái nghỉ) khoảng thời gian đầu ra chuyển lên mức cao (điểm 2 trên dạng sóng g). Ở điểm chuyển tiếp này(xuất hiện trong khoảng thời gian đầu tiên của tín hiệu mã hóa) s d là đồng hồ nhận động bộ với tín hiệu nhận và với mép gần giữa khoảng thời gian tồn tại.

Giải mã Bi-Phase M/S

Giải mã hóa bao gồm so sánh hai khoảng thời gian của một tín hiệu được mã hóa, nếu chúng bằng nhau thì tín hiệu mã hóa là 0 (Bi-Phase Mark), nếu chúng khác nhau thì dữ liệu sẽ là 1. Mạch tương tự của giải mã Manchester được sử dụng giống như tín hiệu Bi-Phase ở mỗi nửa khoảng thời gian thứ hai. Sau đó công EX-OR so sánh với giá trị của tín hiệu Bi-Phase trong khoảng thời gian thứ hai, và tín hiệu giống như tín hiệu giống như tín hiệu Bi-Phase. Đầu ra của flip-flop D lấy mẫu những tín hiệu cuối từ việc so sánh này, trong nửa khoảng thời gian thứ hai và đầu ra của tín hiệu được giải mã NRZ. Hình 968.5

cho biết dạng sóng và sơ đồ khối của giải mã Bi-Phase, trong khi mạch điện tử của nó có thể nhìn thấy ở hình 968.6.

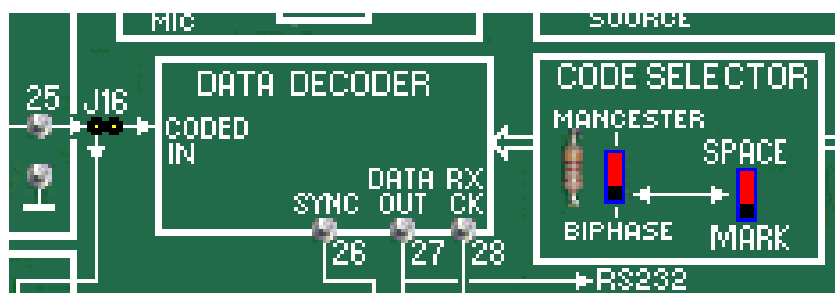


Fig. 968.6 Manchester/Bi-Phase decoder circuit

Hình 968.6 Mạch giải mã Manchester/ Bi-Phase

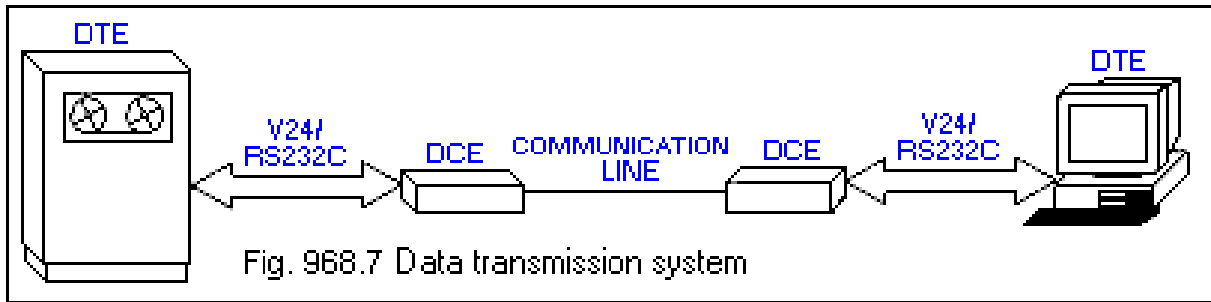
9.2.3. Giao diện V24/RS232C

Một loạt các giao diện V24(ITU, tổ chức viễn thông quốc tế đặt tên) hoặc RS232C (EIA, liên minh các doanh nghiệp điện tử đặt tên) được sử dụng trong việc truyền dữ liệu (hình 968.7) để kết nối các thiết bị cuối xử lý số liệu (DTE) đến các thiết bị giao tiếp dữ liệu (DCE). Trong giao diện này, bit nhị phân được đặc trưng cho các mức điện áp:

- Mức logic 0 = dải điện áp +3 đến +15V
- Mức logic 1 = dải điện áp -3 đến -15V

Thiết bị giao tiếp số liệu (DCE) thông thường bao gồm mạch TTL (hoặc CMOS). Dạng dữ liệu của V24/RS232C, ví dụ từ một máy tính cá nhân hoặc từ một dữ liệu có thể được truyền nếu mức V24/RS232C được chuyển đổi bên trong TTL (mức logic 0 = 0V, mức logic 1 = +5V), và thay thế cho versa. Tín hiệu V24/RS232C được làm cho phù hợp với TTL bởi mạch được cho bởi hình 968.8. Mạch CTS (clear to send), DSR (data set ready) và DCD (data carrier detect) được qui định ở mức cao (+12V) trên giao diện kết nối, nó thường được yêu cầu bởi DTE để thực hiện truyền dữ liệu. Hơn nữa, tín hiệu liên quan đến truyền dữ liệu (TD) và nhận (RD) dữ liệu được thay đổi bởi mạch IC28. Tín hiệu nguyên mẫu được chuyển đổi từ khoảng +12/-12V thành 0/+5V bởi một khoảng thời gian tuyến tính. Tín hiệu cuối cùng được chuyển từ 0/+5V thành +8/-8V bộ điều khiển inverting Line.

Để hiểu thêm sâu về truyền số, tham khảo quyển Data transmission system and Multimedia Software for Data Transmission and Information System.



Hình 968.7 Hệ thống truyền dữ liệu

9.3. Thí nghiệm

9.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

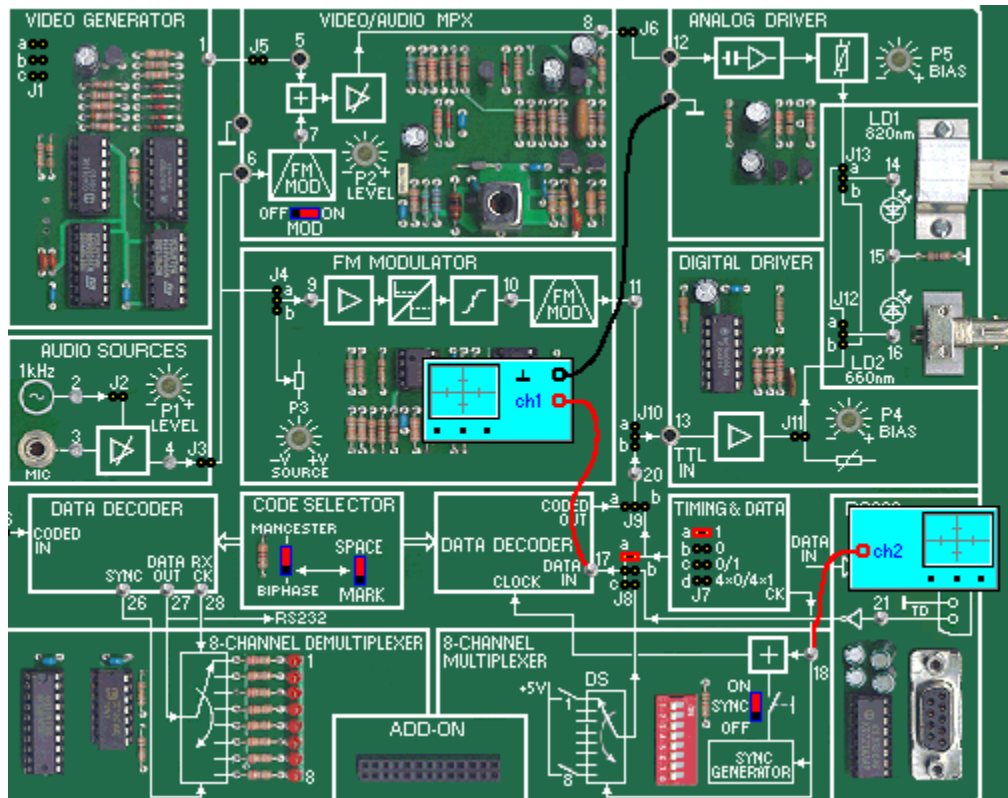
9.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 968

a. Các dây dữ liệu

- Kết nối J8a, kết nối đồng hồ oscillo với TP17 (dây dữ liệu) và với TP18 (tín hiệu đồng hồ).
- Quan sát những dây data khác nhau (chuyển từ J7 đến a/b/c/d) và mối quan hệ giữa các dạng sóng dữ liệu và tín hiệu đồng hồ.

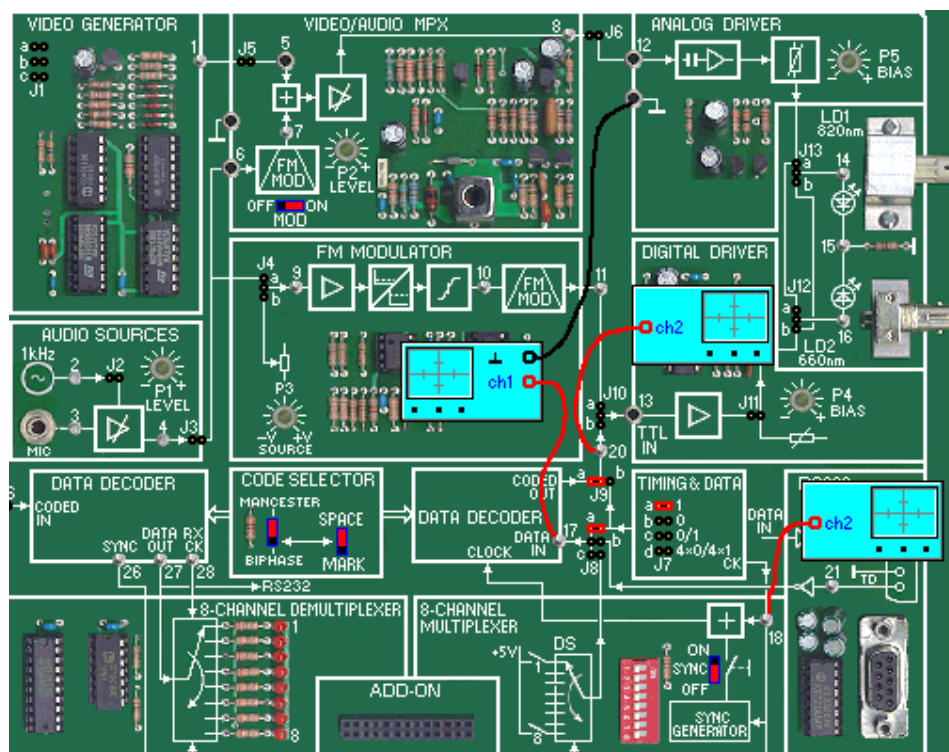
=> Đưa ra nhận xét và trả lời các câu hỏi Q1, Q2 trong máy tính?



b. Mã hóa

- **Manchester** : Bật công tắc manchester/Bi-Phase bật nấc Manchester và để nút Synch ở vị trí OFF.

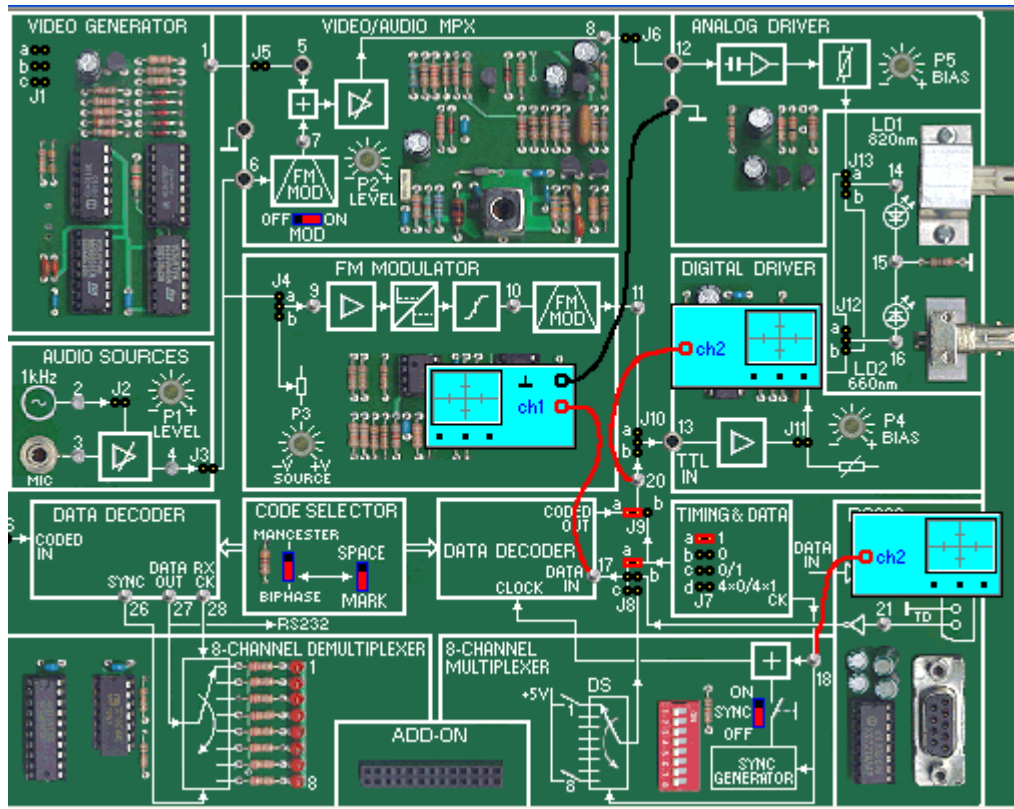
Kết nối J8a, J9a như hình vẽ dưới đây:



Thay đổi dây data (J7=a/b/c/d), và kiểm tra chỉ tiết xem dạng sóng liên quan như thế nào đến data (TP17), đồng hồ (TP18) và tín hiệu mã hóa (TP20).

=> Đưa ra nhận xét và trả lời câu hỏi Q3 trong máy tính?

- **Bi-Phase:** giữ điều kiện phía trên. Bật công tắc Biphase và Mark



Thay đổi dây data (J7=a/b/c/d), quan sát dạng sóng liên quan như thế nào đến data (TP17), đồng hồ (TP18) và tín hiệu mã hóa (TP20). Để trả lời cho câu hỏi Q4.

Sau đó tiếp tục bật nút Mark/Space ở vị trí Space quan sát dạng sóng của data (J17), đồng hồ (J18) và tín hiệu mã hóa (TP20). Để trả lời cho câu hỏi Q5.

=> Đưa ra nhận xét và trả lời câu hỏi Q4, Q5 trong máy tính?

c. Thực hiện kết nối

- Ngắt tất cả các kết nối, kết nối J7a- J8a- J9a- J10b- J11- J12b- J15b- J16 và gạt công tắc Manchester và Synchron ở vị trí OFF, mạch được thể hiện như hình 968.9. Bao gồm LED và Photodiode ở 660nm và một tín hiệu Manchester được đưa tới bộ điều khiển số (Digital Driver)

- Cài đặt BIAS trimmer (P4) tới vị trí trung tâm của nó. Kết nối LED2 tới Photodiode 2 PD2 qua cable #1 (plastic fiber), cable#6 và ST-ST adapter.
- Quan sát dạng sóng trong

TP17: dữ liệu truyền

TP18: phát đồng hồ

TP20: tín hiệu được truyền, mã hóa Manchester TLL

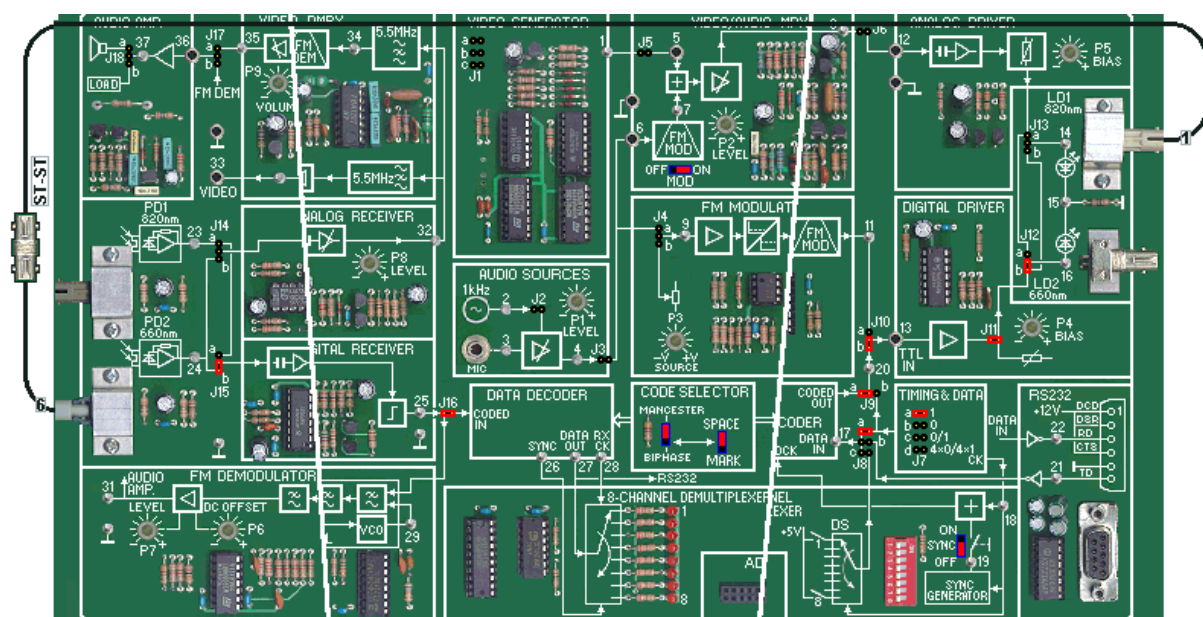
TP15: điện áp tương ứng với dòng qua LED

TP24: điện áp dò bởi lắp ráp photodiode với bộ khuếch đại trở kháng

TP25: nhận tín hiệu TLL

TP27: nhận dữ liệu

TP28: đồng hồ nhận



Hình 968.9

=> Nhận xét mối quan hệ giữa dữ liệu phát và thu, tín hiệu đồng hồ thay đổi ra sao.
Lập lại phép đo trên với sự lựa chọn cho mã Bi-Phase Mark-Space?

SIS1	Đặt SW6 lên ON
SIS2	Ấn INS

Q6. Dữ liệu nhận không có giá trị tại TP27, tại sao?

SIS1	Đặt SW6 về OFF
-------------	----------------

- Chuyển sang dùng kết nối giữa LED1 và Photodiode PD1 (ngắt kết nối J12b và kết nối J13b, ngắt kết nối J15b và kết nối J15a).
- Dùng cáp số #4 (loại sợi 50/125).

=> Ghi lại và nhận xét mối quan hệ giữa dữ liệu bên phát tại TP17 và bên thu là TP27. Giữ nguyên điều kiện trên nhưng thay thế cáp số #4 bằng cáp số #5 (loại sợi 10/125) và trả lời câu hỏi Q7 trên máy tính?

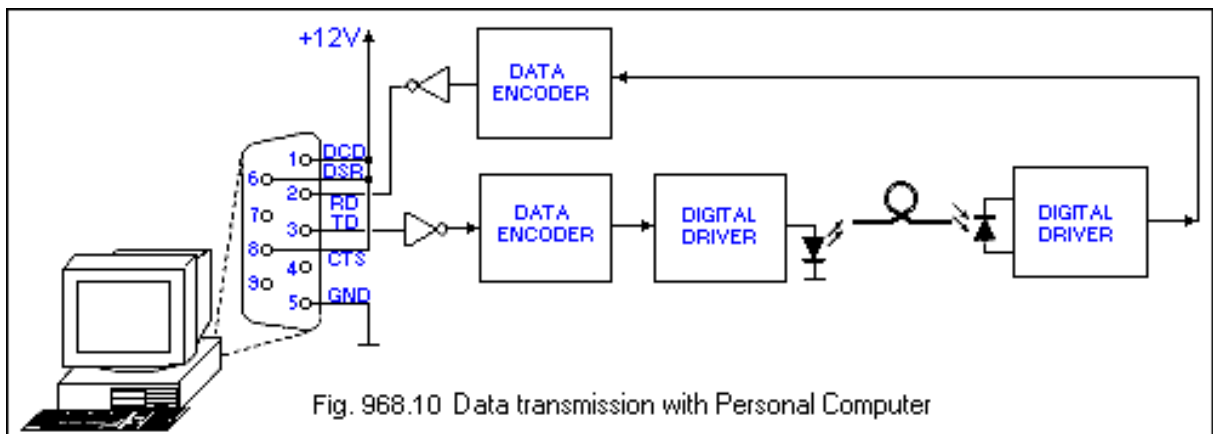
d. Truyền dữ liệu với máy tính các nhân

Mục đích của bài thí nghiệm này là xây dựng một kết nối cho truyền dữ liệu đồng bộ với dạng của V24/RS232C. Máy thu là một máy tính cá nhân, cái mà:

- Gửi dữ liệu đến chân 3 của bộ kết nối
- Nhận dữ liệu ở chân 2

Hình 968.10 cho thấy biểu đồ kết nối, một phần của tín hiệu sẽ được mô tả như sau:

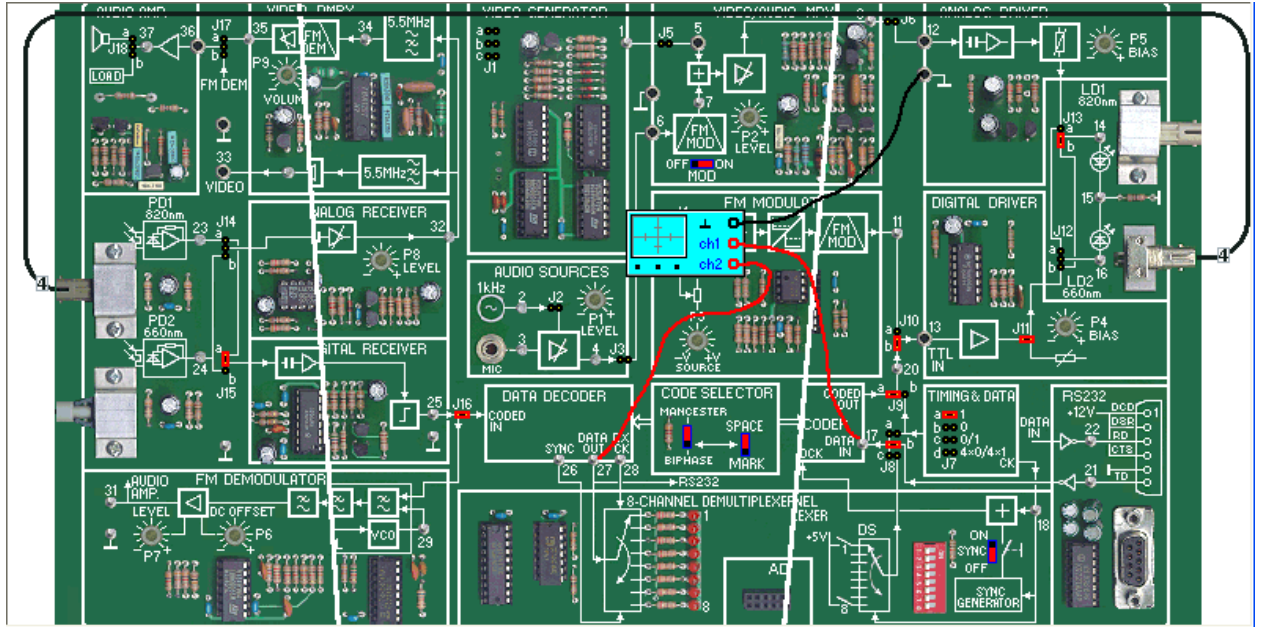
- Tín hiệu truyền được đưa từ PC (TD, chân 3 của bộ kết nối) tới Line Receiver, cái mà được chuyển đổi thành dạng TTL
- Mật mã sau hoạt động với đồng hồ ở tần số cao hơn của dữ liệu (data), chuyển đổi mức +5V và 0V, phản hồi tới data Bits, bên trong một tín hiệu đã mã hóa.
- Tín hiệu đã mã hóa truyền qua Digital Driver và LED.
- Photodiode và Digital Receiver phát hiện ra tín hiệu được mã hóa, từ dạng dữ liệu trong TTL sẽ được tách rời.



Hình 968.10 Truyền dữ liệu với máy tính cá nhân

Thực hiện kết nối

- Ngắt kết nối J12-J14, kết nối J8b- J9a- J10b- J11-J13b- J14b và thiết lập nút Manchester và Synch về OFF.
- Thiết lập BIAS trimmer (P4) về vị trí trung tâm, kết nối LED1 tới Photodiode PD1 qua cable #4 (sợi 50/125)



- Kết nối các cổng 9 chân của PC với bộ kết nối của Module MCM40 qua cable thẳng.
- Tải phần mềm terminal-emulating (ví dụ, Terminal of Window) trong PC.
- Chuẩn bị phần mềm cho các thông số: max. Tốc độ 19200 b/s: không có điều khiển theo, hoặc RTS/CTS
- Tại điểm truyền dữ liệu, cài đặt một vài đặc trưng từ bàn phím và kiểm tra những kí tự này được nhận từ màn hình (sau đó thực hiện tất cả các phần thông qua các mạch khác nhau và sợi quang).
- Quan sát dạng sóng trên oscilloscope.

TP21: truyền tín hiệu

TP17: truyền tín hiệu

Tp27: nhận tín hiệu

TP22: nhận tín hiệu

BÀI 10: GHÉP KÊNH TÍN HIỆU SỐ

10.1. Mục đích thí nghiệm

Giải thích được các khái niệm liên quan đến ghép kênh. Mô tả hệ thống ghép kênh số theo thời gian của 8 kênh, xây dựng hệ thống thông tin bao gồm:

- Ghép 8 kênh / tách 8 kênh.
- Mã hóa / giải mã hóa Manchester hoặc mã lưỡng cực (Bi-Phase).
- Thu phát trên cáp quang.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PSU hay PS1
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS2 hoặc SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Osillocope

10.2. Cơ sở lý thuyết

10.2.1. Giới thiệu

Ghép kênh thời gian có nghĩa là bằng cách sử dụng một kênh truyền thông duy nhất để truyền dữ liệu đến từ các kênh khác nhau, trong các khoảng thời gian khác nhau và thu tín hiệu phân chia các dữ liệu ra nhiều kênh theo thứ tự (hình 969.1).

Ghép nhiều kênh là việc cần thiết trong các ứng dụng truyền thông, tốc độ bit của mỗi kênh thấp hơn nhiều so với dung lượng truyền dẫn của các kênh truyền. Ví dụ việc trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị đầu cuối ở mức thấp (ví dụ, với tốc độ 19,2 Kb/s), thông qua một kênh truyền duy nhất là 2 Mb/s, hoặc chuyển nối tiếp thông tin IEEE-488, tại đó dữ liệu chạy song song 8 bit trên bus.

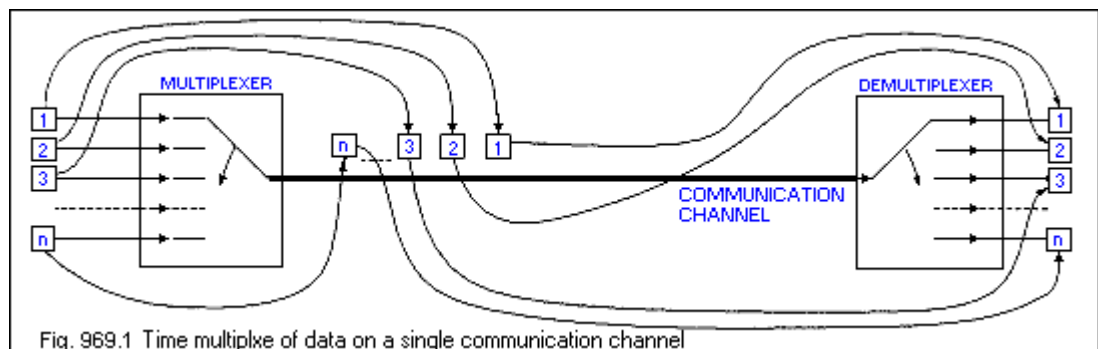


Fig. 969.1 Time multiplex of data on a single communication channel

10.2.2. Sơ đồ khối của hệ thống Multiplex/ Demultiplex

Hình 969.2 cho thấy sơ đồ khối của một hệ thống Multiplex/ Demultiplex 8 kênh áp dụng cho việc truyền mã Manchester hoặc mã lưỡng cực (Bi-Phase).

Các dữ liệu đến từ 8 nguồn khác nhau nối tiếp hoặc từ một byte song song 8 bit đến 8 đầu vào của các Multiplex. Multiplex cho tuần tự 8 bit dữ liệu có sẵn tại 8 đầu vào và mở rộng các bit cuối cùng của một chu kỳ bit (T_b), để cho phép chèn xung đồng bộ (SYNC). Sau đó, xung đồng bộ sẽ được máy thu sử dụng để phân phối dữ liệu trên 8 đầu ra một cách chính xác.

Cấu trúc bao gồm các yếu tố thông tin đến từ các kênh khác nhau và xung đồng bộ, được gọi là **frame** (trong trường hợp này, **frame** có 9 khoảng thời gian cho bit: 8 khoảng thời gian được dành riêng cho các dữ liệu từ 8 kênh và một khoảng cho xung đồng bộ).

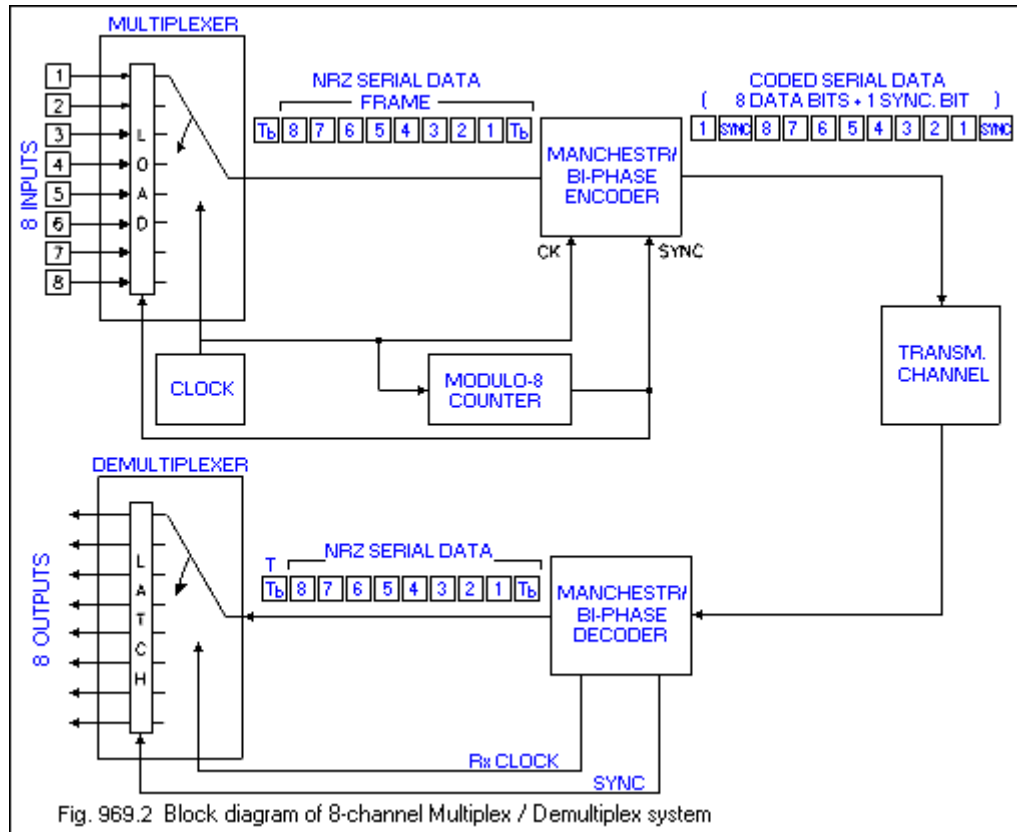
Sau đó, các dữ liệu nối tiếp (cộng với xung đồng bộ) được cung cấp bởi Multiplex được mã hóa Manchester hay Bi-Phase và được truyền đi.

Xung đồng bộ được tạo ra từ bộ đếm modulo-8. Đếm 8 khoảng thời gian bit (tương ứng với nhịp đồng hồ) sau đó nó cung cấp cho Multiplexer và Code với các lệnh chèn các thông tin đồng bộ trong khoảng thời gian 9 bit. Hơn nữa, xung đồng bộ được sử dụng bởi Multiplexer để nạp nhóm 8 bit.

Phía thu làm nhiệm vụ giải mã tách các thông tin sau:

- Dữ liệu NRZ nối tiếp + chu kỳ bit (T_b), bao gồm các thông tin đồng bộ của frame trong các tín hiệu mã hóa.
- Thu xung đồng hồ (bit đồng hồ): sóng vuông với khoảng thời gian bằng chu kỳ bit, đồng bộ với dữ liệu nối tiếp nhận được.
- Đồng bộ thông tin: một xung có 9 khoảng thời gian bit từ các tín hiệu đã được mã hóa.

Dữ liệu nhập vào bộ Demultiplexer từng đợt sau thời gian của bit đồng hồ và được bố trí trên một Latch cho phép các kết quả ở đầu ra song song với nhau khi xung đồng bộ đến. Vì vậy, các thời điểm các kênh đầu vào 1 sẽ được cung cấp cho kênh 1, thời điểm của đầu vào 2 sẽ được cung cấp cho kênh 2 và tương tự cho các kênh khác.



10.2.3. Multiplexer

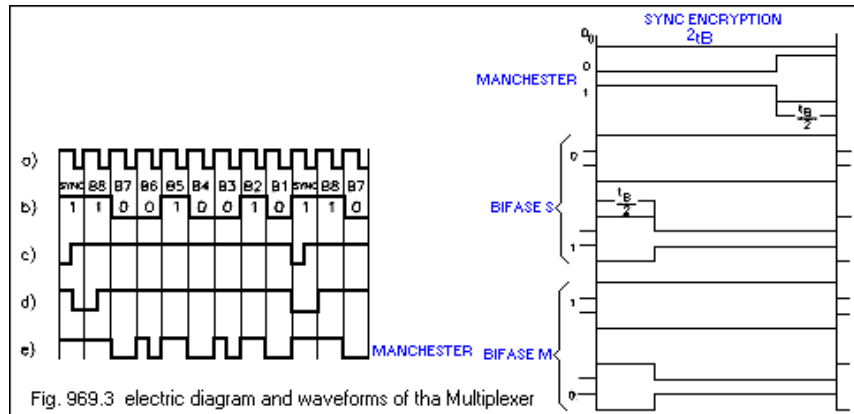
Dữ liệu hình 969.3 cho thấy sơ đồ điện và các dạng sóng của Multiplexer với các Coder.

Các dữ liệu đến 8 kênh được mô phỏng bằng các thiết bị chuyển mạch DS1-DS8 (ON=1, OFF = 0). Việc chuyển đổi 8 bit song song và các chuỗi bit nối tiếp được thực hiện bởi Shift Register IC13. Các bit được thiết lập với các thiết bị chuyển mạch song song khi xung điều khiển (đồng bộ) đến pin1 (dạng sóng c). Sau đó, các dữ liệu song song được lấy ra từ đầu ra (pin 9, TP17, dạng sóng b) với tốc độ của mỗi chu kỳ bit đồng hồ (dạng sóng a, TP 18). Mốc truyền đầu tiên liên quan đến việc chuyển đổi DS8. Bit đầu tiên được kéo dài thời gian của một bit, cho phép chèn xung đồng bộ. Xung đồng bộ tạo ra bởi các bộ đếm modulo-8 được hình thành bởi IC22 và IC19c. Phần của mạch bao gồm IC19a-IC19b-IC20a-IC20b-IC21a được sử dụng để trễ đồng bộ tạo ra bởi bộ đếm từ nhiều cách khác nhau, do đó các tín hiệu điều khiển chính xác có thể được gửi từ Shift Register IC13 và các coder.

Coder hoạt động giống như nhau, như đã giải thích ở bài 968, nhưng trong trường hợp này bit đầu tiên của 8 khung được mở rộng khoảng thời gian của một bit. Khoảng thời gian này bit bổ sung sẽ được coi là tín hiệu đồng bộ bởi bộ giả mã decoder.

Hình 969.3 cho thấy dạng sóng tương ứng với các tín hiệu e) được mã hóa Manchester và tương ứng với các tín hiệu d) chèn các thông tin đồng bộ. Trên thực tế

xung d) dừng hoạt động của các coder trong khoảng thời gian 1 bit (trong thực tế, đồng hồ bị chặn bởi cổng IC 16a), do đó kéo dài thời gian của bit đầu ra được mã hóa. Con số này cũng cho thấy các dạng sóng của các bit được mã hóa trong đó bao gồm xung đồng bộ cho các trường hợp sau đây: Manchester (bit dữ liệu =0; bit dữ liệu =1, Bi-Phase Mark (bit dữ liệu = 0; bit dữ liệu = 1), Bi -Phase Space (bit dữ liệu = 0; bit dữ liệu = 1).



10.2.4. Demultiplexer

Demultiplexer chủ yếu bao gồm các thành phần sau (xem sơ đồ điện của hình 969.5):

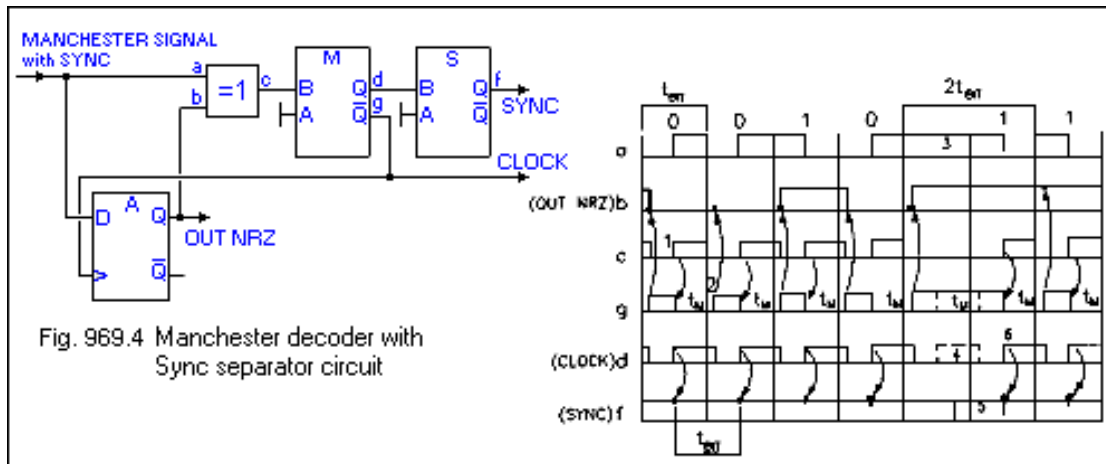
- Các bộ giải mã (Manchester hay Bi-Phase Mark/Space), trong đó tách tín hiệu dữ liệu nối tiếp, đồng hồ phía thu và tín hiệu đồng bộ từ tín hiệu đã được mã hóa đưa đến.
- Bộ Shift Register với đầu vào nối tiếp và 8 đầu ra song song (IC25). Sự kết hợp của dữ liệu nối tiếp được định thời bởi đồng hồ thu nhận (pin 8).
- Latch (IC26) cố định các dữ liệu có sẵn tại các đầu ra song song của Shift Register như xung đồng bộ đến. Các đèn LED kết nối với các giá trị tín hiệu đầu ra Latch (0 hoặc 1) của dữ liệu trên mỗi kênh.

Tách xung đồng bộ:

Các bộ giải mã Manchester / Bi-Phase hoạt động cũng như trong bài 968, với việc bổ sung duy nhất của mạch tách xung đồng bộ từ các tín hiệu mã hóa. Hình 969.4 cho thấy sơ đồ chức năng và dạng sóng của một bộ giải mã hóa Manchester với mạch tách xung đồng bộ. Bộ đa hài đơn ổn M được tạo ra một chu kỳ xung T_s . Với thời gian dài hơn so với khoảng bit. Trong trường hợp này, như là một xung đồng hồ đến, bộ đa hài đơn ổn S được liên tục kích hoạt, và đầu ra của nó là luôn luôn cao (dạng sóng f). Khi tín hiệu mã hóa bao gồm các thông tin đồng bộ (tương ứng với một phần mở rộng bit mã hóa cho một khoảng thời gian bằng 1 khoảng thời gian bit của 3 điểm dạng sóng. a, xung đồng hồ là bị lỗi (điểm 4 của dạng sóng d). Do đó, bộ đa hài S không được kích hoạt và nó vẫn

còn trạng thái nghỉ (xung ở mức thấp, điểm 5) đến xung kích hoạt điểm tiếp theo (điểm 6). Xung đây là thông tin đồng bộ cho các demultiplexer.

Liên quan đến tín hiệu mã hóa Bi-Phase, xung đồng bộ được tách ra trong cùng một cách như nó được mô tả cho các mã Manchester.



10.3. Thí nghiệm

10.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

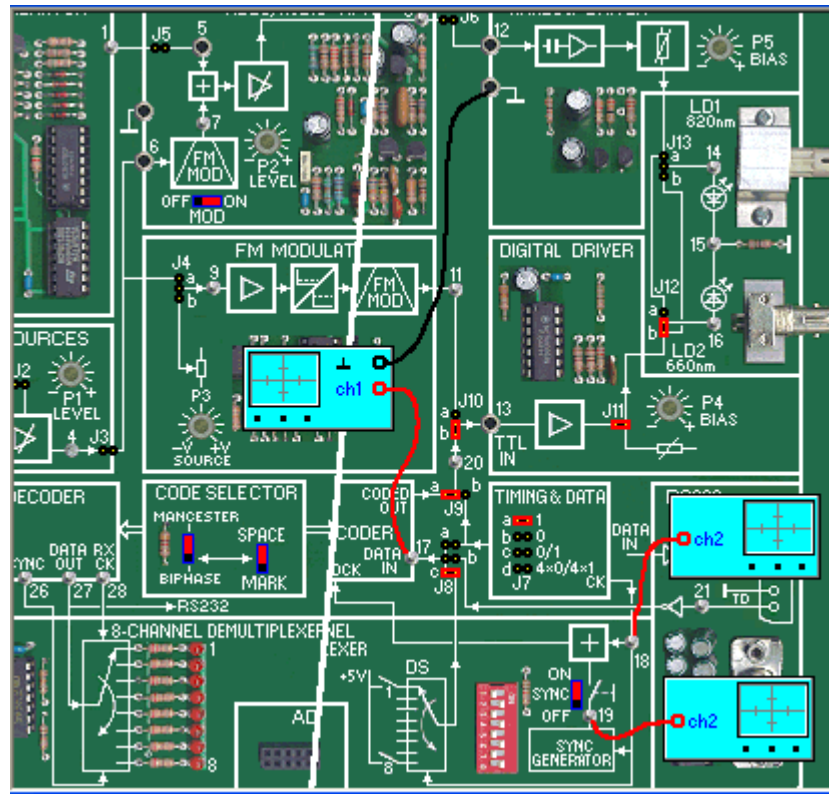
10.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 969

a. Dạng sóng của Multiplexer và Coder

- **Multiplexer**

- Cấp nguồn cho module.
- Thiết lập chuyển đổi để đồng bộ Synch về ON và kết nối các jumper J8c, J9a.



- Dip Switches DS1-8: luân phiên mở (mức logic 0 được áp dụng cho các đầu vào tương ứng của các Multiplexer) và đóng lại (mức 1).
- Kết nối TP 17 với Oscilloscope (chuỗi các dữ liệu nối tiếp được cung cấp bởi Multiplexer) và TP19 (frame xung đồng bộ).

=> Thay đổi dữ liệu song song (thay đổi Dip Switches DS1-8) và phân tích trình tự nối tiếp khác nhau mà có thể thu được.

Quan sát mối quan hệ giữa các dạng sóng dữ liệu nối tiếp (TP 17), các xung đồng bộ (TP 19) và đồng hồ (TP 18). Lưu ý rằng mốc đầu tiên được truyền về switch DS8.

Q1: Từ kết quả thu được có thể suy ra được điều gì?

SET

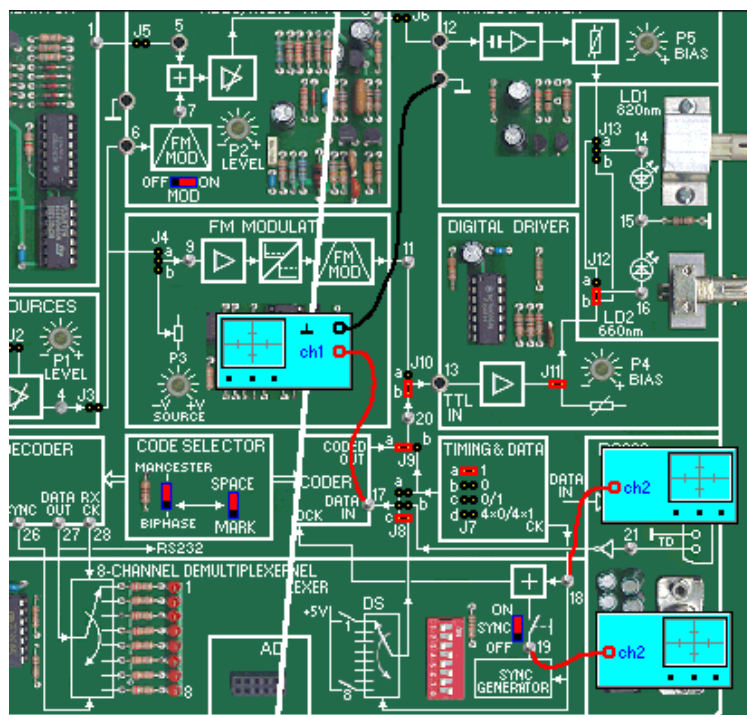
A B

1 3 Mỗi mốc song song được chuyển đổi thành mỗi mốc nối tiếp với thời gian (khoảng thời gian bit) bằng 2 đồng hồ thời gian (khoảng 32 ps). 8 bit song song được đặt theo thứ tự nhất định. Lúc bắt đầu của mỗi nhóm 8 bit có một khoảng thời gian bit tương ứng với các đồng bộ. 8 bit dữ liệu + thêm khoảng bit tạo thành frame.

2 1 Mỗi mốc song song được chuyển đổi thành mỗi mốc nối tiếp với thời gian (khoảng thời gian bit) bằng 1 đồng hồ thời gian (khoảng 16 ps). 8 bit song song có sẵn

tại đầu vào Multiplexer được sắp xếp theo thứ tự (ở đầu ra). Vào lúc bắt đầu của mỗi nhóm 8 bit có một khoảng thời gian bit tương ứng với các xung đồng bộ. 8 bit dữ liệu + thêm khoảng bit tạo thành frame của các Multiplexer.

3 2 Dữ liệu song song được chuyển thành dữ liệu nối tiếp. 8 bit song song được đặt theo thứ tự. Lúc bắt đầu mỗi nhóm 9 bit là khoảng thời gian bit tương ứng với xung đồng bộ. 9 bit dữ liệu + thêm khoảng bit tạo thành frame của các Multiplexer.



Q2: Khoảng thời gian của frame ?

SET

A B

- 1 3 Khoảng 141 μ s, tương ứng với khoảng thời gian 8 bit.
- 2 5 Khoảng 64000 bit/s.
- 3 1 Khoảng 125 μ s, tương ứng với khoảng thời gian 8 bit.
- 4 2 Khoảng 141 μ s, tương ứng với khoảng thời gian 9 bit.
- 5 4 Khoảng 32 μ s.

Q3: Tốc độ truyền dữ liệu trong mỗi kênh kết nối với đầu vào song song của các Multiplexer ?

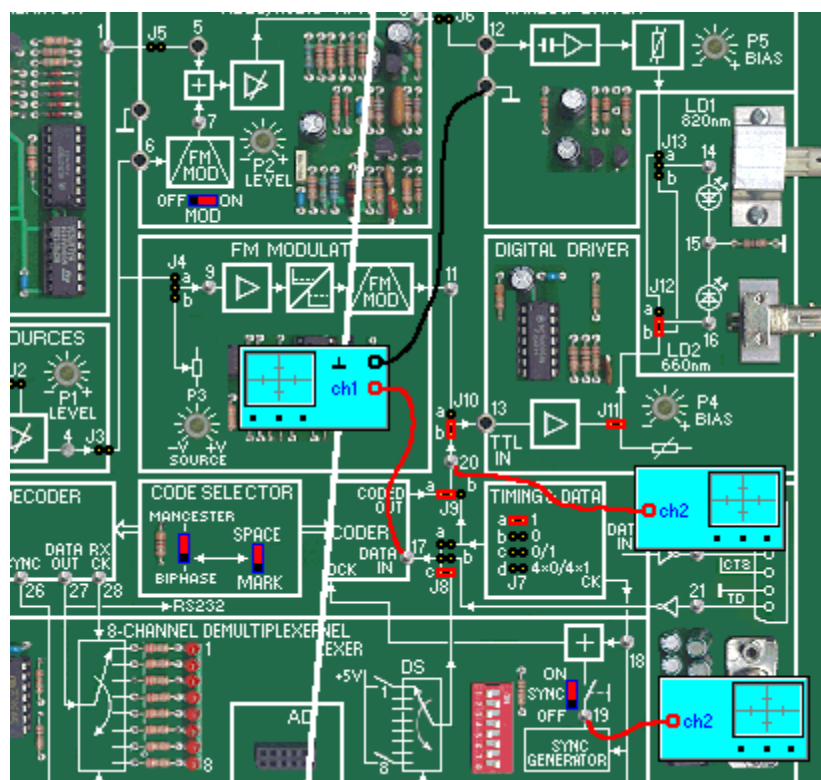
SET

A B

- 1 5 Khoảng 9600 bit/s.
- 2 4 Khoảng 7100 bit/s, tương ứng với mỗi frame của 1 bit.
- 3 2 Khoảng 7100 bit/s, tương ứng với mỗi frame của 8 bit.
- 4 3 Khoảng 64 kbit/s.
- 5 1 Khoảng 6100 bit/s, tương ứng với mỗi frame của 1 bit.

- **Mã hóa Manchester**

- Thiết lập switch Manchester / Bi-Phase sang Manchester.



- Thay đổi dữ liệu song song (thay đổi Dip Switches DS1-8) và quan sát dạng sóng liên quan đến dữ liệu nối tiếp (TP 17), xung đồng bộ khung (TP 19) và tín hiệu được mã hóa (TP 20).

Q4: Xem xét những phát biểu sau:

SET

A B

- 1 1 Xung đồng bộ được đưa vào trong các tín hiệu mã hóa là phần mở rộng của bit đầu tiên được mã hóa. Phần mở rộng này bằng 1/2 bit.

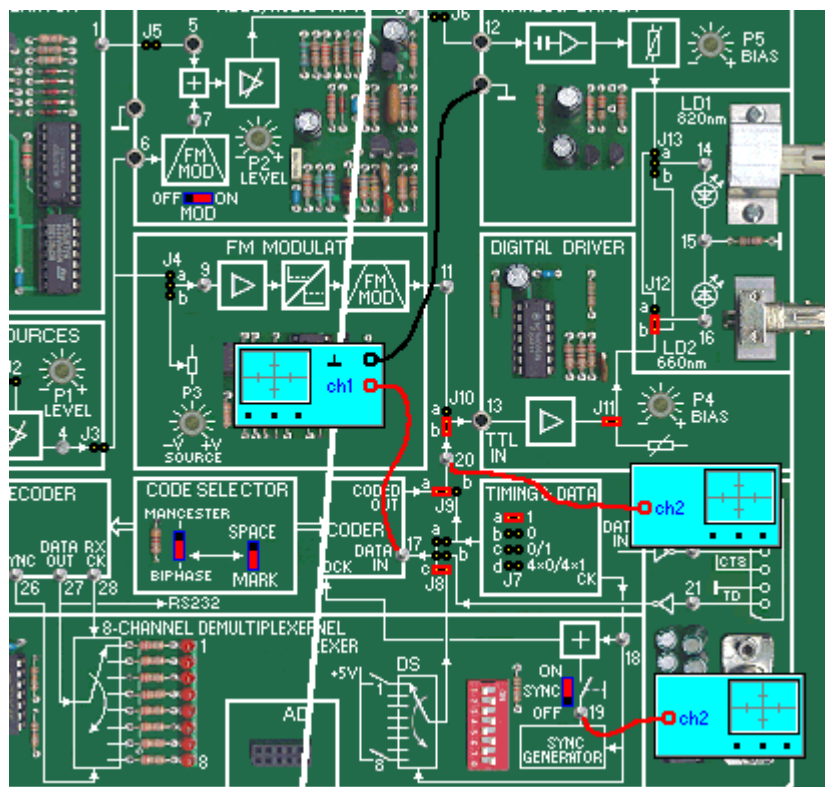
2 2 Xung đồng bộ được đưa vào các tín hiệu mã hóa như là một xung có biên độ gấp đôi biên độ của các bit được mã hóa.

3 4 Xung đồng bộ được đưa vào trong các tín hiệu mã hóa là phần mở rộng của bit đầu tiên được mã hóa. Phần mở rộng này bằng một khoảng thời gian bit.

4 3 Xung đồng bộ được đưa vào trong các tín hiệu mã hóa như thu hẹp của bit đầu tiên được mã hóa.

- **Mã hóa Bi-Phase**

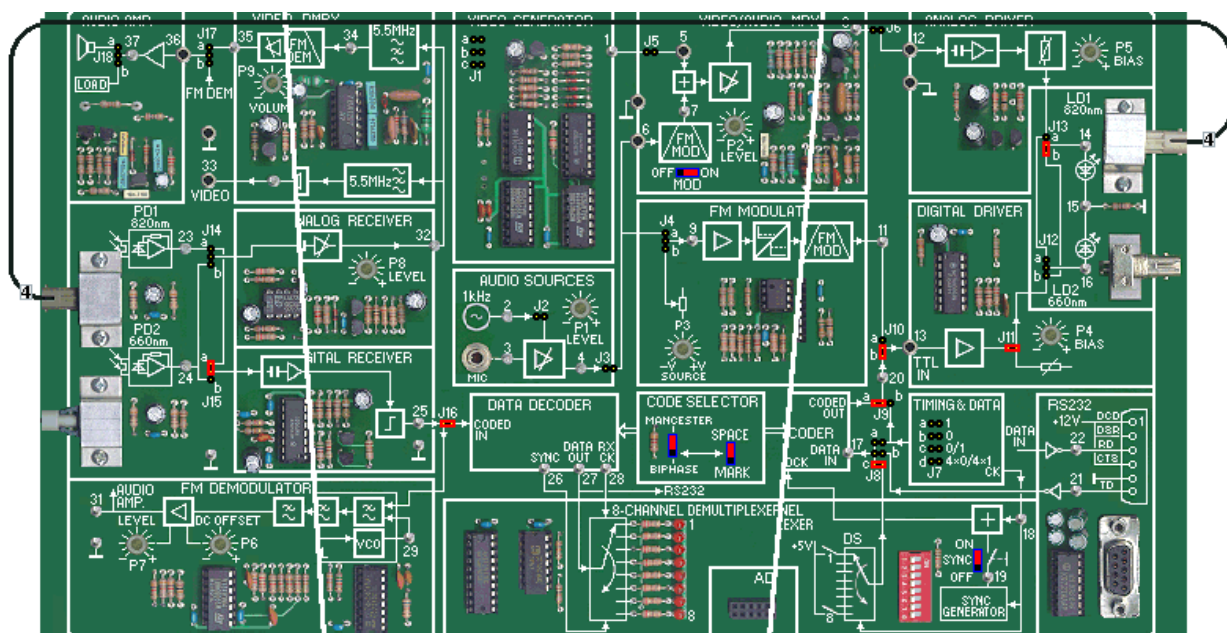
Giữ các điều kiện trước đó, thiết lập switches Bi-Phase và Mark. Quan sát dạng sóng liên quan đến dữ liệu nối tiếp (TP 17), xung đồng bộ khung (TP19) và tín hiệu được mã hóa (TP 20).



b. Thực hiện các kết nối

Ngắt kết nối J12-J14, kết nối J8c-J9a-J10b-J11-J13b-J15a-J16 và thiết lập các switch sang Manchester và Synch ON, để mạch có thể được sắp xếp như hình 969.6

Thiết lập BIAS (P4) vị trí trung tâm, kết nối LED 1 với Photodiode PD1 (820 nm), thông qua cáp #4 (sợi 50/125).



Quan sát dạng sóng ở:

TP 17: Nối tiếp dữ liệu được cung cấp bởi Multiplexer

TP 19: Khung xung đồng bộ

TP 20: Mã hóa tín hiệu Manchester được truyền

TP 15: Điện áp tỉ lệ với dòng điện qua đèn LED

TP 23: Điện áp được phát hiện bởi: “ Photodiode + transimpedance amplifier”.

TP 25: TTL tín hiệu nhận được

TP 27: Dữ liệu nối tiếp nhận được

TP 26: Xung đồng bộ khung ngăn cách bởi bộ giải mã trên Oscilloscope.

Lưu ý sự tương ứng giữa các tín hiệu truyền và nhận (bởi vì nó được xử lý bởi các mạch khác nhau).

Lưu ý rằng tách xung đồng bộ bao gồm 1 xung gồm khoảng thời gian 9 bit.

Lưu ý rằng demultiplexer gán dữ liệu đến 8 kênh đầu ra, theo cùng một trình tự đã được định sẵn bởi các Multiplexer, trong truyền tải. Khi đó các đèn LED chỉ trong kênh truyền mức logic 1 (lựa chọn thông qua các thiết bị Dip Switches DS1-8)

Thay đổi dữ liệu song song trong truyền tải (thay đổi Dip Switches DS1-8) và quan sát ánh sáng của đèn LED kết nối với các kênh đầu ra.

Lặp lại các phép đo chọn mã Bi-Phase Mark-Space

SIS1	Thiết lập Switch SW22 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q5: Các đèn Led kết nối với các kênh đầu ra là không đúng trình tự, có nghĩa là theo trạng thái của các Dip Switches DS1-8. Tại sao?

SET

A B

- 1 3 xung đồng bộ truyền dẫn bị mất
- 2 1 Các bộ giải mã không tách tín hiệu đồng hồ
- 3 4 Dữ liệu, đồng hồ và xung đồng bộ có sẵn, nhưng các bộ mã hóa không thể chèn xung đồng bộ một cách chính xác.
- 4 2 Multiplexer không cung cấp dữ liệu nối tiếp đúng

SIS1	Thiết lập Switch SW22 sang OFF
-------------	--------------------------------

SIS1	Thiết lập Switch SW 21 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q6: Các đèn Led kết nối với các kênh đầu ra là không đúng trình tự, có nghĩa là theo trạng thái của các Dip Switches DS1-8. Tại sao?

SET

A B

- 1 3 xung đồng bộ truyền dẫn bị mất
- 2 1 Các bộ giải mã không thể tách tín hiệu đồng hồ
- 3 2 Photodiode PD1 không phát ra bất kỳ tín hiệu nào.
- 4 6 Sợi bị hỏng, hoặc nó không phải là lắp vào đèn LED hoặc các Photodiode
- 5 4 Multiplexer thường không tạo ra các dữ liệu nối tiếp chính xác
- 6 5 Các bộ giải mã không thể tách xung đồng bộ.

SIS1	Thiết lập Switch SW21 sang OFF
-------------	--------------------------------

Tiến hành kết nối cũng có thể sử dụng các sợi cáp #1 (nhựa) và 3 (200/230)

Q7: Các jumpers phải được kết nối như thế nào với 8 kênh ở dạng sóng 660nm?

SET

A B

1 3 J7c-J8b-J9a-J 10b-J11 -J13 a-J15b-J16

2 1 J8c-J9a-J10b-J11 -J13a-J15b-J16

3 2 J7c-J8b-J9a-J10b-J11-J13a-J15b

4 5 J8c-J9a-J10b-J11 - J12b-J15b-J16

5 4 J8c-J9a-J10b-J1 1-J12b-J15b

Sắp xếp các mạch theo câu trả lời và thực hiện các kết nối ở dạng sóng 660nm bằng cách sử dụng cáp #1 (sợi nhựa).

BÀI 11: TRUYỀN TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

11.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả điều chế FM của sóng vuông và sử dụng nó để truyền tín hiệu với dòng bù trực tiếp.
- Thực hiện một hệ thống truyền thông bao gồm điều chế và giải điều chế FM, truyền và nhận trên sợi quang.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PUS/EV
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS3/EV
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope, đồng hồ vạn năng, đồng hồ đo tần số.

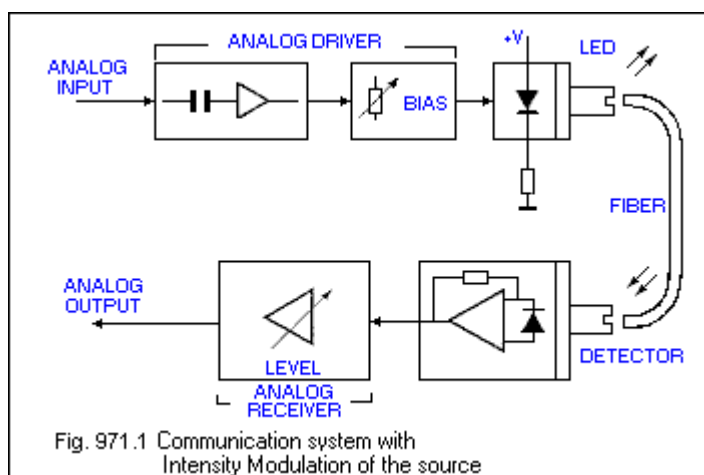
11.2. Cơ sở lý thuyết

11.2.1. Giới thiệu

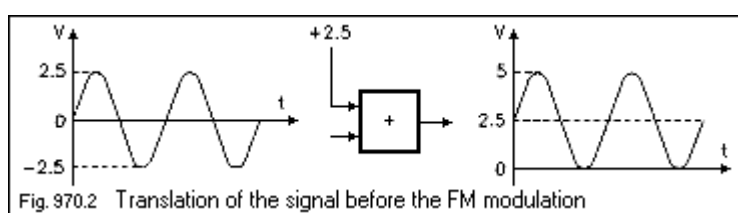
Hệ thống truyền thông tin bằng sợi quang mô tả trong bài này có thể truyền tín hiệu tương tự, từ dòng trực tiếp có tần số lớn hơn 100kHz. Những đặc điểm này yêu cầu ứng dụng công nghệ cần thiết để truyền tín hiệu tương tự thu được từ thiết bị đo lường: Những tín hiệu này thường phải ở tần số thấp và bù dòng trực tiếp. Trước khi truyền, tần số của tín hiệu tương tự được điều chế, đưa vào sóng mang vuông (điều chế này được gọi là PWM, phương pháp điều chỉnh điện áp ra tải). Hai mức tín hiệu (TTL) đến từ bộ điều chế biến đổi cường độ sáng của bức xạ được phát ra từ nguồn.

Hình 970.1 là sơ đồ khối của kết nối. Tín hiệu analog được khuếch đại trong phạm vi cho phép. Điều chế FM sinh ra sóng vuông với tần số được điều chế bởi tín hiệu analog. Sóng vuông điều khiển LED từ nguồn quang. Ở bên nhận, sợi quang được kết nối với một bộ tách sóng quang (photodiode PIN). Dòng đầu ra của bộ tách sóng bộ khuếch đại trở kháng cung cấp điện áp đầu ra. Sau đó có:

- Một bộ khuếch đại và mạch sóng vuông, cái mà không sinh ra sóng trước khi tín hiệu nhận đến.
- Bộ giải điều chế FM kết hợp với PLL.
- Một bộ lọc thông thấp không cho sóng mang của tín hiệu giải điều chế qua.
- Một bộ khuếch đại tần số thấp có thể điều chỉnh được độ lợi và độ lệch.



Hình 970.1 sơ đồ khối của hệ thống giao tiếp tương tự



Hình 970.2 biến đổi tín hiệu trước khi điều chế FM

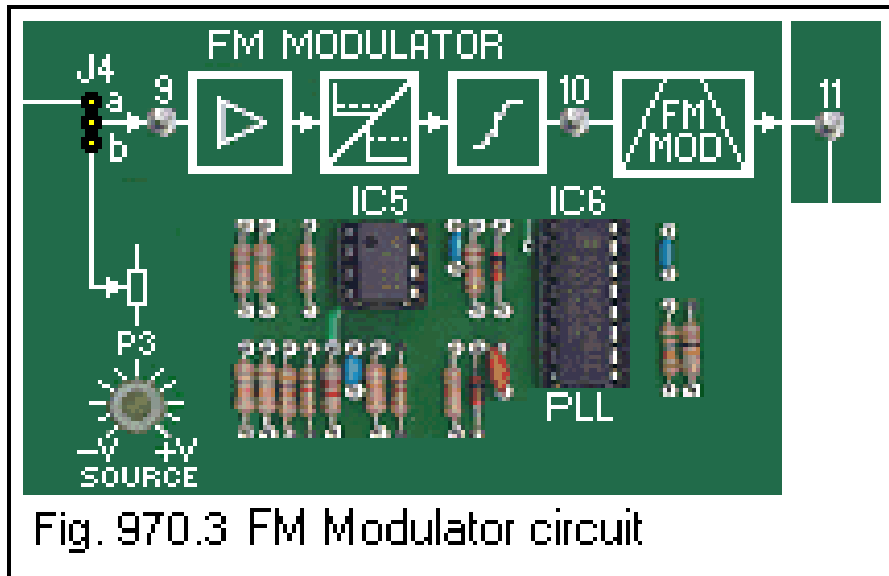
11.2.2. Điều chế FM

Tham khảo mạch điện hình 970.3

IC5a tách nguồn tương tự ở máy phát. Một trạng thái theo sau cùng với dòng bù trực tiếp +2.5V đặt vào tín hiệu analog. Điều này là rất cần thiết vì điều chế FM yêu cầu điện áp điều chế. Nếu tín hiệu analog dùng để truyền đi được đặt trực tiếp vào bộ điều chế, điện áp âm không thể truyền đi. Một hệ quả của sóng mang một chiều D.C bởi phép cộng là : điện áp đầu vào được biến đổi thành điện áp +2.5V ở đầu ra của bộ điều chế, điện áp âm (lớn nhất -2.5V) được biến đổi thành 0V và điện áp dương thành 5V.

Để tránh biên độ vượt quá mức cho phép có thể bão hòa hoặc ảnh hưởng đến trạng thái, biên độ của tín hiệu analog được giới hạn trong khoảng -0.7V đến +4.3V bởi hai diode được kết nối với đầu ra của bộ cộng. Sau đó tín hiệu được đưa đến một VCO nằm trong IC6 (74HC4046). Tần số dao động của VCO phụ thuộc vào điện áp đặt vào chân 9, vì vậy thu được tần số điều chế. Tần số trung tâm và tần số sai lệch của bộ điều chế phụ thuộc vào tụ điện kết nối giữa chân 6-7 và dựa vào điện trở kết nối giữa chân 11 và 12.

Sóng vuông, tần số điều chế được đưa ra ở chân 4 với biên độ TTL (0/+5V) và được đặt vào bộ điều khiển số (tham khảo bài 967) để điều khiển truyền dẫn LED.



Hình 970.3 mạch nguyên lý điều chế FM

11.2.3. Giải điều chế FM

Một vài gợi ý trên PLL:

Tín hiệu FM được giải điều chế nhờ mạch PLL (vòng lặp khóa pha); Hình 970.4a chỉ ra cấu trúc cơ bản nhất. Một hệ thống PLL bao gồm:

- Bộ điều khiển dao động theo điện áp (VCO)
- Bộ so sánh phase
- Bộ lọc thông thấp

Khi không có tín hiệu v_i được đưa tới đầu vào:

- Điều khiển điện áp v_c đưa tới đầu vào của VCO là 0
- VCO sinh ra tần số f_0 , được gọi là tần số dao động trung tâm

Khi có một vài tín hiệu đưa tới đầu vào:

- Bộ so sánh phase so sánh PHASE của tín hiệu đầu vào v_i và v_0 và sinh ra một tín hiệu lỗi v_e như là độ lệch giữa hai tín hiệu.
- Sau đó lọc qua bộ lọc thông thấp, tín hiệu v_e được đưa tới VCO và bắt những tần số dao động khác, vì đó là sự khác nhau giữa hai tín hiệu đầu vào có thể được thu: điều này có nghĩa là f_0 và f_i là bằng nhau.
- Điều này tiếp tục cho đến khi tần số của VCO trùng với f_i : sau đó hệ thống được khóa pha.

Giải điều chế FM với PLL

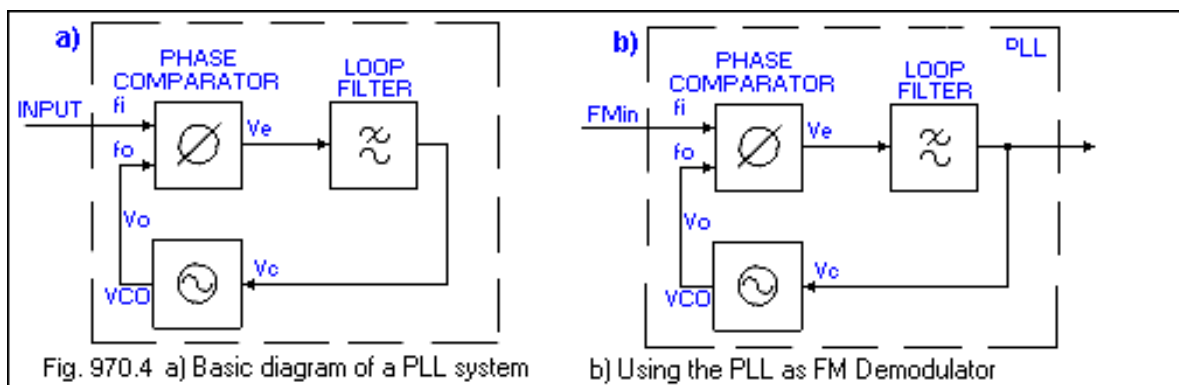
Nếu một tín hiệu FM được đưa tới đầu vào của PLL và tần số dao động trung tâm của VCO được điều chỉnh tới giá trị của tần số sóng mang FM, sau đó điện áp điều khiển v_c cung cấp tín hiệu giải điều chế. Hay nói cách khác PLL cố gắng theo sau các giá trị khác nhau của tín hiệu FM đầu vào. Điều này có thể xảy ra vì điện áp đầu ra của các bộ lọc có biên độ tỷ lệ với độ lệch tần số của tín hiệu đầu vào, vì vậy VCO có thể ngay lập tức bắt được tần số của tín hiệu đầu vào. Tín hiệu này, tỷ lệ với độ lệch tần số của tín hiệu điều chế, không là gì nhưng phát hiện được tín hiệu FM (hình 970.4b).

Mô tả mạch

Tham khảo mạch hình 970.5

Tín hiệu TLL (điều chế FM) đến từ bộ nhận số (tham khảo bài 967) được đưa tới bộ giải điều chế FM. Giải điều chế được mang xuyên qua mạch PLL đặt bên trong mạch 74HC4064(IC9)

Tín hiệu giải điều chế cung cấp bởi PLL (chân 10 của IC9) được thêm vào bởi sóng mang mà đã được loại bỏ nhờ bộ lọc thông thấp (IC10). Trạng thái đầu ra của bên thu là một bộ khuếch đại có thể điều chỉnh được độ lệch DC và độ lợi (qua chân P6 và P7): điều này cho phép thu được tín hiệu với cùng biên độ và cùng điện áp một chiều.



Hình 970.4

a. Sơ đồ cơ bản của hệ thống PLL

b. Bộ điều chế FM sử dụng điều PLL

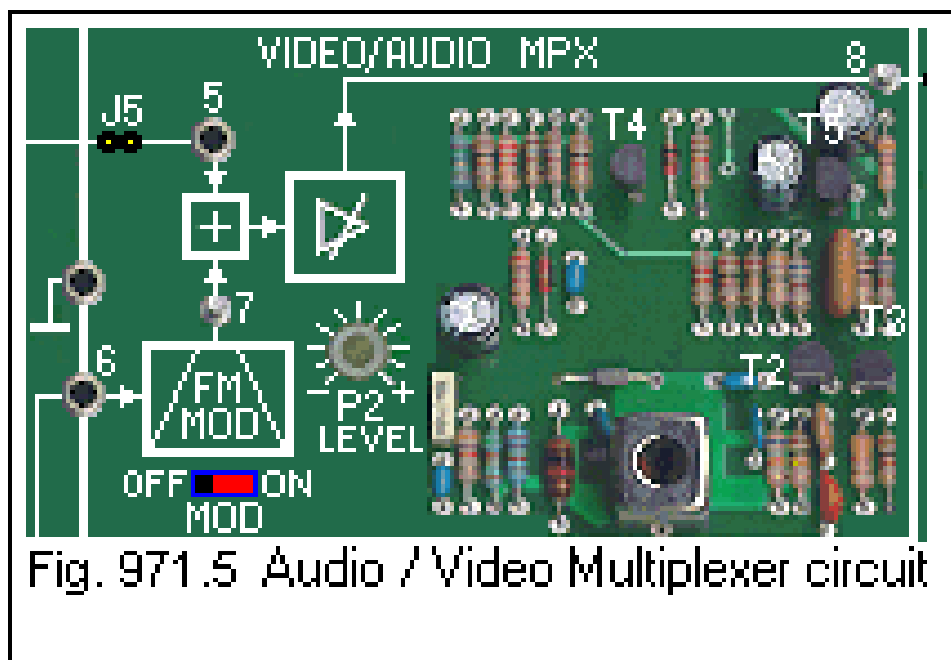


Fig. 971.5 Audio / Video Multiplexer circuit

Hình 970.5 Sơ đồ nguyên lý của giải điều chế FM

11.3. Thí nghiệm

11.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

11.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt tất cả các jump
SIS1	Đặt tất cả các switch về chế độ OFF
SIS2	Chọn bài thí nghiệm số 970

a. Bộ điều chế FM

Trạng thái đầu vào

- Nguồn các mô-đun
- Kết nối J4b để cung cấp điện áp một chiều vào đầu vào bộ khuếch đại trước bộ điều chế.

- Kết nối vôn kế với TP9 và điều chỉnh P3 (Nguồn DC) để đạt được mức điện áp 0V.
- Đo điện áp tại TP10, sau bộ dịch chuyển mức và bộ giới hạn biên độ.

Q1: Điện áp đầu vào của bộ dịch chuyển là bao nhiêu?

1. Không có sự thay đổi.
 2. Khoảng -2,5 V.
 3. Khoảng 2,5 V.
 4. Khoảng 1 V.
- Kết nối J2-J3-J4a nhằm đưa sóng sin cung cấp bởi các máy phát (TP4) tới đầu vào.
 - Quan sát điện áp của sóng sin được dịch chuyển một giá trị bằng giá trị của câu trả lời trước tại TP10.

Đặc điểm của VCO

- Kết nối bộ nhảy J4b.
- Quan sát các dạng sóng của tín hiệu tạo ra bởi VCO (TP11) trên máy hiện sóng.

Q2: Những gì có thể được ghi nhận tại TP11?

1. Dạng sóng vuông: biên độ khoảng 5 Vp-p, tần số dao động từ khoảng 50 kHz đến 100 kHz và tùy thuộc vào P1 (mức).
 2. Dạng sóng xung: biên độ khoảng 3 Vp-p, tần số dao động từ khoảng 800 kHz đến 1000 kHz và không phụ thuộc vào P3.
 3. Dạng sóng vuông: biên độ khoảng 5 Vp-p, tần số dao động từ khoảng 400 kHz đến 600 kHz và tùy thuộc vào P3 (Nguồn DC).
 4. Dạng sóng tam giác: biên độ khoảng 5 Vp-p, tần số dao động từ khoảng 800 kHz đến 900 kHz và tùy thuộc vào P3 (Nguồn DC).
- Kết nối đồng hồ đo tần số đến TP11 và vôn kế đến TP10.
 - Quay P3 (Nguồn DC) để thu được các bước là 0,2 V tại TP10.
 - Đo tần số tương ứng trong TP11 và ghi lại các giá trị của điện áp và tần số vào bảng thông số trên phần mềm thí nghiệm (Hình 970.6a).
 - Vẽ các đường cong đặc tính của bộ điều chế FM (tương tự như được hiển thị trong hình 970.6b) trên một đồ thị bằng cách sử dụng các giá trị điện áp và tần số.

Q3: Giá trị nào của biến tần do sự biến thiên 1 V của tín hiệu đầu vào điều chỉnh?

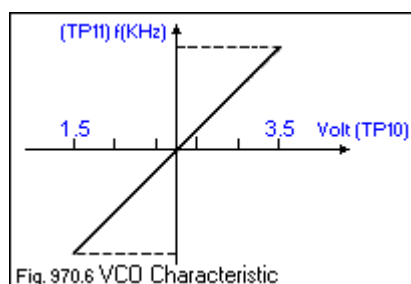
1. Khoảng 10 kHz.
2. Khoảng 100 V.
3. Khoảng 200 kHz.

4. Khoảng 100 kHz.

- Đưa một sóng sin vào đầu vào bộ điều chế (kết nối J2-J3-J4a).
- Kết nối máy hiện sóng với TP11: lưu ý các dạng sóng điển hình của một tín hiệu điều chế tần số.

TP10 [V]	TP11 [kHz]
1.5	...
1.7	...
1.9	...
...	...
3.1	...
3.3	...
3.5	...

a.



b.

Hình 970.6 Đặc điểm của VCO

b. Thực hiện liên kết

Ngắt kết nối J13-J14 và kết nối J2-J3-J4a-J10a-J11-J12b-J15b, do đó mạch có thể được sắp xếp như trong hình 970.7. Mạch này bao gồm đèn LED và Photodiode ở bước sóng 660 nm, và một sóng vuông FM được đưa vào các trình điều khiển số.

Thiết lập định thiên (P4) và mức chiết áp (P1) ở vị trí trung tâm của nó.

Kết nối đèn LED 2 với Photodiode PD2 thông qua các cáp quang nhựa (cáp # 1) và các bộ thích nghi ST-HP.

Quan sát các dạng sóng ở:

4. PLL VCO tạo ra một sóng vuông với tần số bằng một nửa tần số của tín hiệu đầu vào. Các biến tần đầu vào được theo sau bởi các PLL.
- Di chuyển bộ nhảy J4 đến "a", để đưa một sóng sin vào bộ điều chế.
 - Quan sát các dạng sóng ở:
 - TP9: sóng sin truyền đi.
 - TP 11: tín hiệu truyền đi.
 - TP25: tín hiệu FM nhận được.
 - TP30: sóng sin được cung cấp bởi bộ giải điều chế đến PLL (nó được xếp chồng bởi một sóng tam giác có tần số là bằng tần số của sóng mang tín hiệu FM nhận được).
 - TP31: nhận được sóng sin trên máy hiện sóng (sóng mang đã được loại bỏ bởi các bộ lọc thông thấp).
 - Thay đổi P1 (mức) và quan sát các dạng sóng.
 - Điều chỉnh bù DC (P6) và mức chiết áp (P7) để có được một tín hiệu với biên độ và dòng bù một chiều bằng những tín hiệu truyền qua (TP9) trên TP31.

SIS1	Thiết lập công tắc SW24 chuyển sang ON
SIS2	Nhấn INS

Q5: Trong TP31 không nhận được bất kỳ tín hiệu nào hoặc tín hiệu bị méo lớn. Tại sao?

1. Máy phát 1 kHz không cung cấp tín hiệu.
2. Bộ điều chế (VCO) không cung cấp đúng tín hiệu FM.
3. Sợi quang bị hỏng hoặc nó khó đưa vào đèn LED và Photodiode.
4. Đèn LED2 được điều khiển một cách chính xác nhưng nó phát ra ít điện năng hơn bởi vì nó bị lỗi.
5. PLL VCO có một tần số dao động khác nhiều so với tần số sóng mang tín hiệu FM. PLL không thể thực hiện theo các tần số của tín hiệu đầu vào FM do đó nó không giải điều chế một cách chính xác.

SIS1	Thiết lập công tắc SW24 chuyển sang OFF
-------------	---

SIS1	Thiết lập công tắc SW23 chuyển sang ON
SIS2	Nhấn INS

Q6: Tín hiệu nhận được trong TP31 còn thiếu. Tại sao?

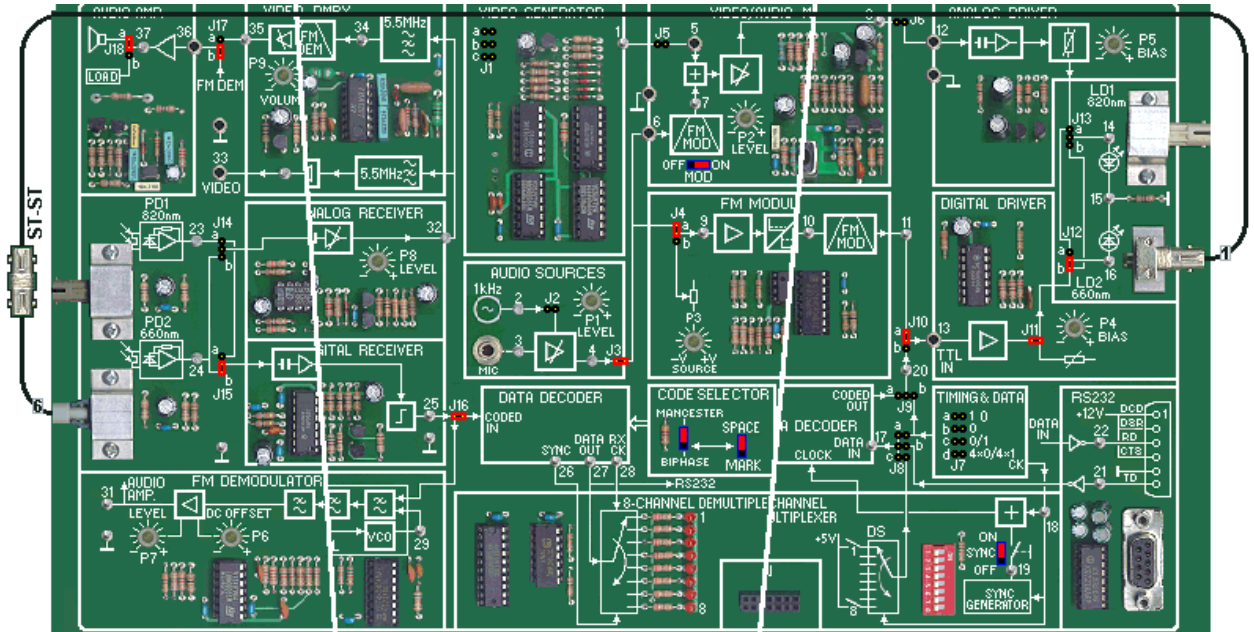
1. Máy phát 1 kHz không cung cấp tín hiệu.
2. Bộ điều chế (VCO) không cung cấp đúng tín hiệu FM.
3. Sợi quang bị hỏng hoặc nó khó đưa vào các đèn LED hoặc vào Photodiode.

4. LED không phát ra bất cứ năng lượng nào.
5. Photodiode không cung cấp tín hiệu điện nào.

SIS1	Thiết lập công tắc SW23 chuyển sang OFF
------	---

d. Ví dụ của liên kết audio

- Giữ các điều kiện trước đó.
- Ngắt kết nối J2, kết nối J17b-J18a và kết nối micro để cắm MIC.



- Tín hiệu microphone được truyền tới loa sau khi đi qua các mạch sau đây: Điều chế FM; điều khiển số; LED; sợi quang; tách sóng quang; thu số; giải điều chế FM; khuếch đại Audio; loa.

SIS1	Thiết lập công tắc SW15 chuyển sang ON
SIS2	Nhấn INS

Q7: Tín hiệu âm thanh bị mất trong việc thu nhận. Tại sao?

1. Bộ khuếch đại âm thanh thu nhận bị lỗi.
2. Bộ điều chế (VCO) không cung cấp đúng tín hiệu FM.
3. Micro bị cắt.
4. LED không phát ra năng lượng nào.
5. Máy phát 1 kHz không cung cấp bất kỳ tín hiệu nào.
6. Bộ khuếch đại microphone bị lỗi.

SIS1	Thiết lập công tắc SW15 chuyển sang OFF
------	---

BÀI 12: HỆ THỐNG GIAO TIẾP AUDIO/VIDEO

12.1. Mục đích thí nghiệm

- Mô tả làm thế nào một tín hiệu audio có thể ghép với các tín hiệu video thông qua một bản dịch tần số.
- Mô tả cách ghép tín hiệu audio có thể tách ra từ tín hiệu video
- Mô tả cách điều chế cường độ (điều chế tuyến tính) của một nguồn quang học.
- Xây dựng một hệ thống thông tin liên lạc audio/video và demultiplexer, máy phát analog và máy thu trên cáp quang và loa.

Yêu cầu thiết bị:

1. Hệ thống IPES
 - a. Bộ cấp nguồn: PSU hay PS1
 - b. Giá đỡ: MU/EV
 - c. Module điều khiển: SIS1, SIS2 hoặc SIS3
2. Bộ thí nghiệm: MCM40
3. Các thiết bị đo: Oscilloscope

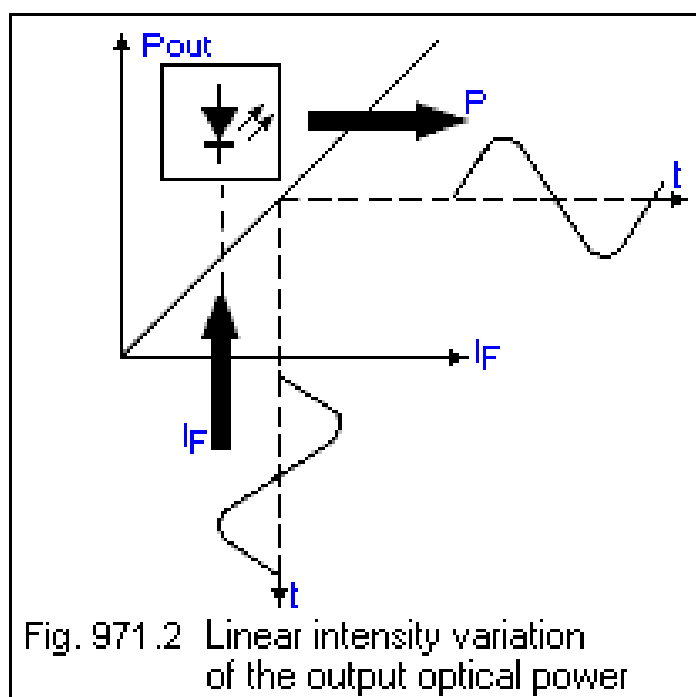
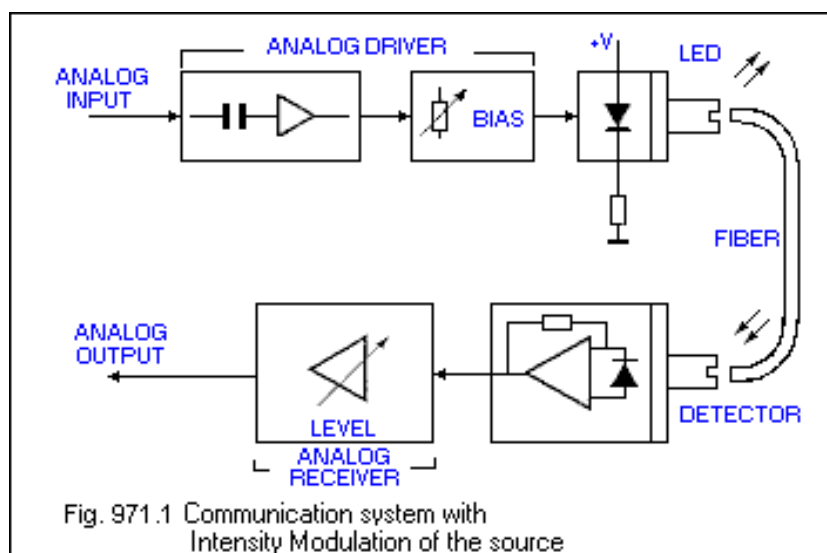
12.2. Cơ sở lý thuyết

12.2.1. Điều chế cường độ

Hệ thống thông tin sợi quang được mô tả trong bài học này có thể được sử dụng cho việc truyền tải các tín hiệu analog. Dải tần số đáp ứng của nó từ 50 Hz đến khoảng 6 MHz, do đó nó là thích hợp cho việc truyền tải các tín hiệu video. Các tín hiệu điện điều chỉnh cường độ của nguồn phát một cách tuyến tính. Chính vì vậy chúng được gọi là Intensity Modulation (IM).

Hình 971.1 cho thấy sơ đồ khối của loại liên kết này. Các tín hiệu tương tự được áp dụng cho một bộ khuếch đại thông qua một khối c. Truyền LED ưu tiên đặc trưng trong khu vực trung tâm của “ Output optical power/driving current” sau đó nó được điều khiển bởi các tín hiệu analog khuếch đại. Tín hiệu này sẽ liên tục thay đổi và kết quả thu được điều chế cường độ của máy phát được phát ra bởi đèn LED (hình 971.2).

Các bộ tách sóng ở máy thu là một photodiode PIN. Số lượng hiện tại của bộ tách sóng quang này được khuếch đại bởi một bộ khuếch đại trở kháng xuyên cung cấp một lượng điện áp. Bộ khuếch đại khác sau đây điều chỉnh biên độ của tín hiệu nhận được. Module này cho phép xây dựng một tín hiệu video/audio hoàn chỉnh của hệ thống thông tin, bởi vì nó cũng bao gồm một máy phát tín hiệu video và một máy phát tín hiệu audio, một bộ tách kênh audio/video và một bộ khuếch đại audio.

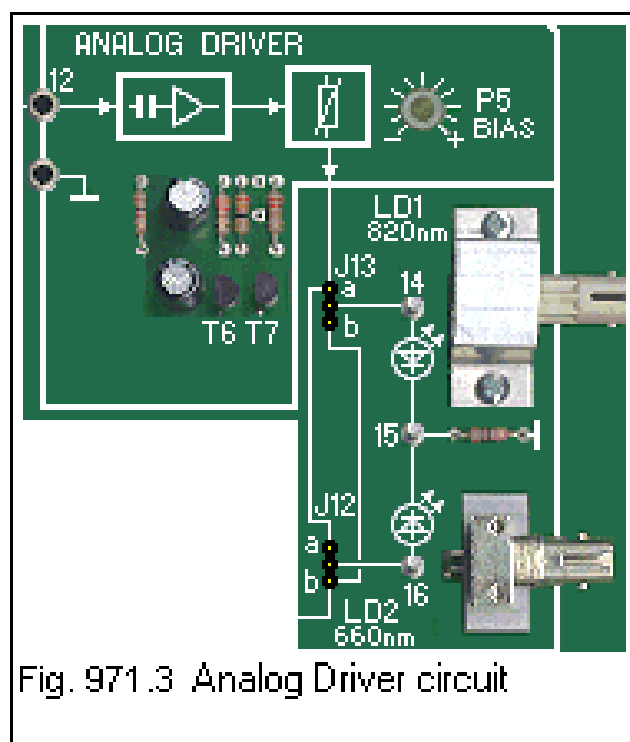


12.2.2. Tín hiệu điều khiển analog

Tham khảo sơ đồ được hiển thị trong hình 971.3

Led (FH51 I/660nm hoặc HBFR1414/820nm) điều khiển bởi các cặp transistors T6-T7. Các transistor này tạo thành một máy phát nhỏ. Dòng chảy cho phép:

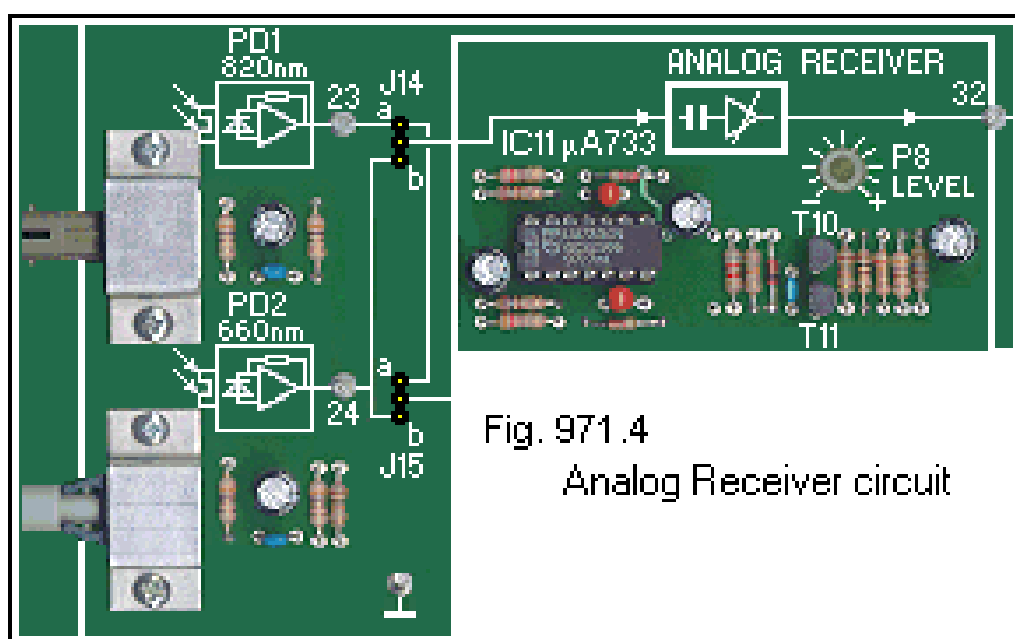
- Để điều chỉnh BIAS qua các đèn LED, điện áp cung cấp khác nhau.
- Biến đổi các giá trị điện áp của tín hiệu đầu vào và các giá trị của bộ thu T17 (vì thế dựa vào các giá trị của dòng điện qua các LED) càng thẳng càng tốt.
- (BIAS) trimmer P5 thay đổi điểm hoạt động của đèn LED.



12.2.3. Thu tín hiệu analog

Tham khảo sơ đồ điện được hiển thị trong hình 971.4

Tín hiệu quang được thực hiện trên sợi quang được phát ở đầu dò quang điện bao gồm các photodiode bao gồm trong các máy dò (HBFR2526/660nm hoặc HBFR2416/820nm). Photodiode này tạo ra một tỉ lệ bức xạ nhất định. Bộ khuếch đại trở kháng ghép bao gồm một máy dò, kết quả ở đầu ra một điện áp tỉ lệ thuận với đầu vào. Tín hiệu điện áp này được khuếch đại bởi mạch tích hợp ICI A733 và giai đoạn sau đây được tạo từ T10-T11 Potentiometer (Level) P8 điều chỉnh biên độ của tín hiệu đầu ra.



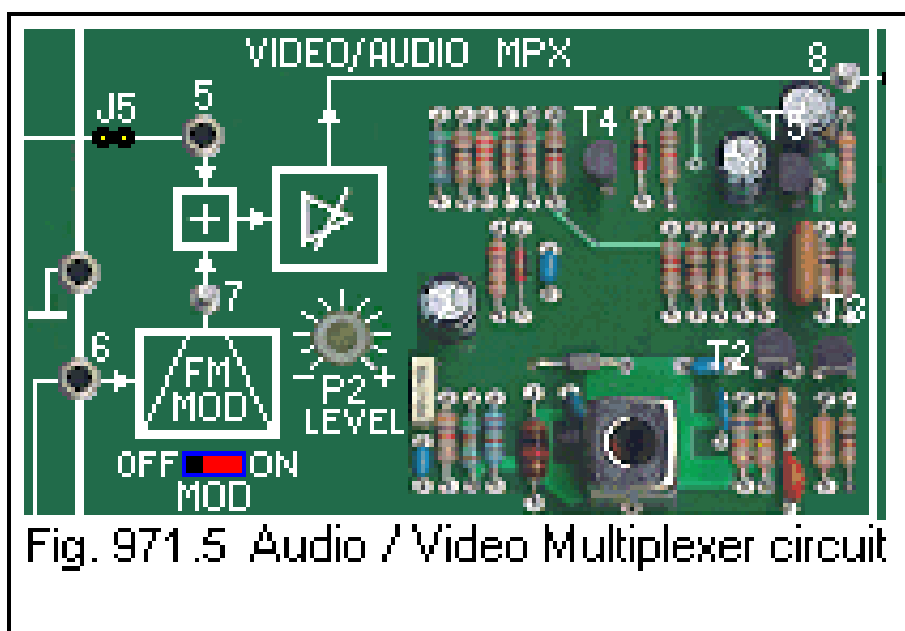
12.2.4. Bộ ghép kênh Audio/Video

Tham khảo sơ đồ được hiển thị trong hình 971.5

Tín hiệu audio điều chỉnh tần số của một sóng mang là 5,5 MHz, sau đó kết quả của điều chế này được thêm vào các tín hiệu video tổng hợp. Các tín hiệu kết quả bao gồm cả tín hiệu video tổng hợp và tín hiệu âm thanh. Nhưng tín hiệu này cuối cùng được chuyển đến 5,5 MHz (do đó trên các tần số video) thông qua việc điều chế tần số.

Transistor T2 và các thành phần có liên quan tạo thành một bộ dao động tại tần số 5,5 MHz. Tần số dao động chủ yếu được xác định bởi cuộn dây L2 và điện dung được cung cấp bởi các diode Varicap. Tín hiệu audio thay đổi theo xu hướng của các Varicap, thay đổi điện dung của nó và do đó tần số đầu ra của bộ dao động. Đây là điều chế tần số. Độ lệch tần số tối đa của một tín hiệu audio với biên độ $V1 \pm 50\text{kHz}$. Các bộ lọc gồm FI trung tâm tại 5,5 MHz loại bỏ các thành phần quang phổ có thể vượt qua giới hạn này. Bộ điều chế ON/OFF được đặt các bộ điều biến và tắt.

Tín hiệu điều chế audio được thêm vào các tín hiệu video tổng hợp, thông qua các điện trở. Các transistor T4-T5 khuếch đại video đầu ra/ tín hiệu có biên độ được điều chỉnh bằng P2 Potentiometer (Level).



12.2.5. Bộ tách kênh Audio/Video

Tham khảo sơ đồ được hiển thị trong hình 971.6.

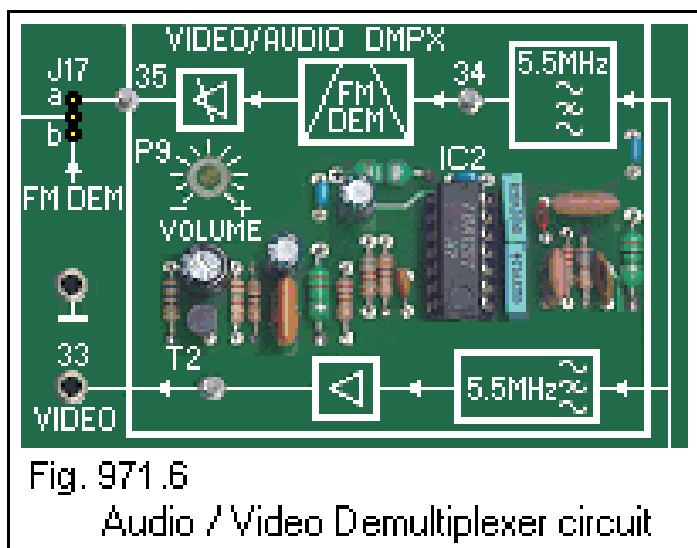
Tín hiệu Video/Audio 5,5 MHz được cung cấp song song, các mạch điện bao gồm:

- Bộ lọc band-rejection tại tần số 5,5 MHz(F2) và transistor T12

- Bộ lọc thông dải tần số 5,5 MHz (F3) và tích hợp mạch IC12-TBA120T.

Các book lọc đầu tiên loại bỏ các thành phần audio được điều chế từ các tín hiệu và kết quả đầu ra chỉ có tín hiệu video tổng hợp.

Bộ lọc thứ hai tách các thành phần chỉ có điều chế audio ở 5,5 MHz từ các tín hiệu và cung cấp TBA120T mạch tích hợp bao gồm các bộ giải điều chế FM và preamplifier một audio với tăng điều chỉnh. Tín hiệu âm thanh được tạo ra bởi TBA120T mạch có thể được áp dụng cho các bộ khuếch đại và loa.



12.2.6. Nguồn audio và bộ tạo tín hiệu video

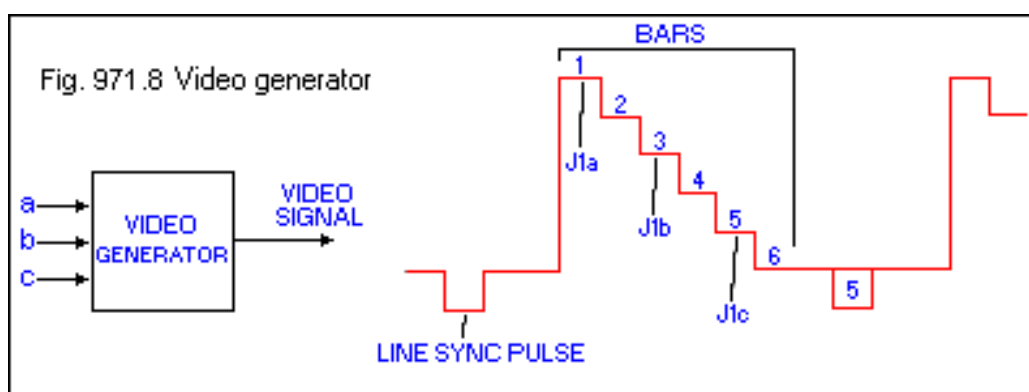
Phần NGUỒN AUDIO (hình 971.7) tạo ra hai tín hiệu audio:

- Một sóng sin tại tần số 1kHz
- Một tín hiệu thu được với một microphone

Những tín hiệu này được thêm vào và khuếch đại. (Level) Potentiometer PI thay đổi biên độ đầu ra.

Phần bộ tạo video (hình 971.8) tạo ra một tín hiệu video bao gồm 6-bar grey scale. Tần số là 15.625 Hz. Jumpers J1a/b/c cho phép kết nối hoặc ngắt kết nối, đầu tiên, thứ ba và thứ 5 của bars. Kết nối tất cả các jumpers J1 để có được grey scale.

Nguồn audio và bộ tạo video



12.3. Thí nghiệm

12.3.1. Nội quy an toàn thí nghiệm

- Người thực hiện thí nghiệm kể cả Hướng dẫn viên và sinh viên đều phải nắm vững các nội quy an toàn do phòng thí nghiệm quy định, thông qua việc học nội quy có kiểm tra sát hạch.

- Các thiết bị thí nghiệm chịu sự kiểm soát an toàn theo phân cấp của nhà nước phải đảm bảo có đầy đủ biên bản kiểm định an toàn của cấp có thẩm quyền. Ví dụ: Thiết bị điện cao thế (trên 1 kV), các thiết bị áp lực, chất hóa học đặc biệt...

12.3.2. Nội dung bài thí nghiệm

MCM40	Ngắt kết nối tất cả các jump
SIS1	Thiết lập tất cả các switches OFF
SIS2	Ấn vào bài số 971

a. Bộ ghép kênh tín hiệu Audio/Video

Cấp nguồn cho module

- Kết nối các jumper J1a/b/c, J2, J3, J5. Thiết lập P1 (Level) ở mức nhỏ nhất và đặt MODULATOR ở chế độ ON
- Kết nối Oscilloscope với TP1 và quan sát các dạng tín hiệu video
- Ngắt và kết nối jumpers J1a/b/c một lần nữa, sau đó quan sát các tín hiệu audio khác nhau như thế nào.
- Phân tích các tín hiệu trong TP7

Q1: Tín hiệu đo được trong TP 7?

SET

A B

1 2 Một sóng hình sin có biên độ khoảng 300mVpp và tần số dao động khoảng 5,5 MHz. Đó là tần số của sóng mang của bộ điều chế FM được sử dụng để truyền tải các tín hiệu audio chồng lên các tín hiệu video.

2 3 Một sóng sin có biên độ khoảng 150 mVpp và tần số 5,5 MHz. Đó là tần số của sóng mang trong các bộ điều chế FM được sử dụng để truyền tải các tín hiệu audio riêng biệt từ các tín hiệu video

3 1 Một sóng hình sin có biên độ khoảng 150mVpp và tần số dao động khoảng 5,5 MHz. Đó là tần số của sóng mang của bộ điều chế FM được sử dụng để truyền tải các tín hiệu audio chồng lên các tín hiệu video.

Q2: Quan sát các tín hiệu trong TP8, chuyển công tắc của bộ điều chế audio từ ON sang OFF(MOD ON/OFF). Quan sát dạng sóng thu được ?

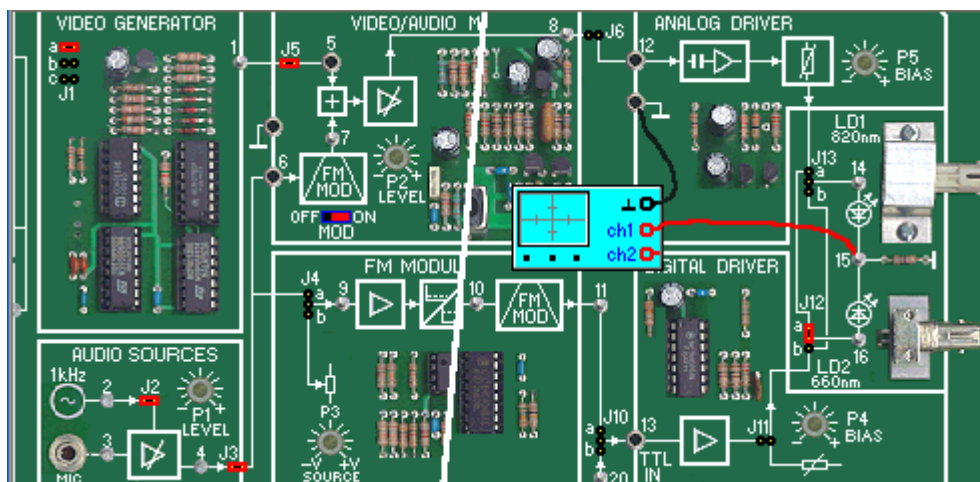
SET

A B

- 1 4 Các tín hiệu audio ghép vào tín hiệu video ở tần số thấp
- 2 3 Các tín hiệu video với các sóng mang con của audio ở tần số 5,5 MHz
- 3 2 Sóng mang con audio tại tần số 5,5 MHz ghép vào tín hiệu audio tần số thấp
- 4 1 Một sóng hình sin có biên độ khoảng 150 mVpp tại tần số 5,5 MHz

b. Truyền tín hiệu analog: hoạt động của LED

Bỏ kết nối của các jumper J6-J13 và kết nối với J12a. Thiết lập P5 (Bias) tới vị trí trung gian của nó.

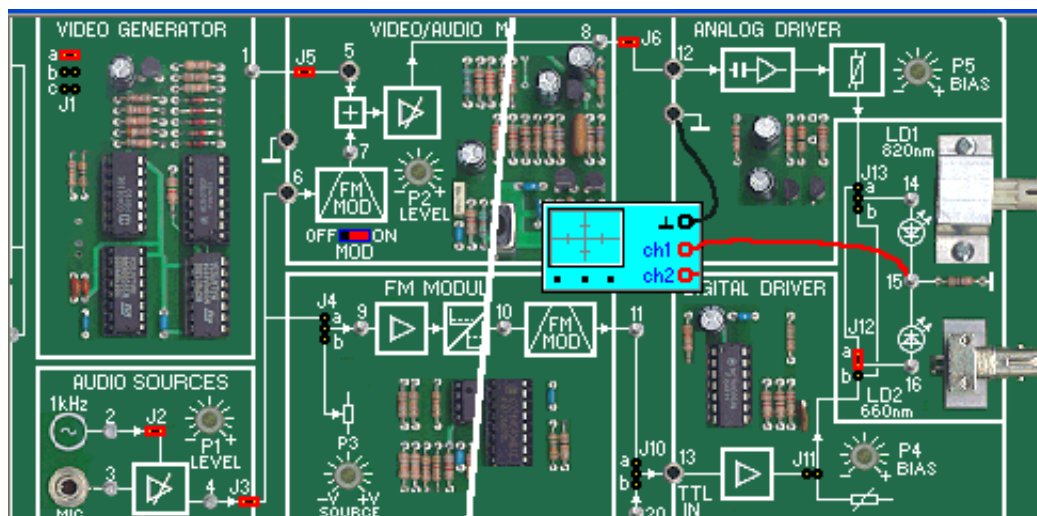


Kết nối điểm TP15 với Oscillocope (in d.c) và đo giá trị điện áp V_{10} trên điện trở kết nối với dây LED. Dòng I_F qua các đèn LED được cho bởi công thức sau:

$$I_F = V_{10}/10 \text{ [} V_{10} \text{ in mV, } I_F \text{ in mA]}$$

Hiện tại I_F phụ thuộc vào các thiết lập của Potentiometer P5.

- Điều chỉnh P5 để có được một điện áp trực tiếp khoảng 300 mV, tương ứng với dòng xấp xỉ khoảng 30 mA, tại TP15.
- Kết nối các jumper J1-J2-J3-J5-J6, để tín hiệu điều khiển LED với video/audio tại tần số 5,5 MHz. Thiết lập P2 (Level) tại vị trí trung gian của nó. Quan sát (điện áp) dạng sóng tỉ lệ thuận với dòng điện qua LED trong TP15.



SIS1	Thiết lập công tắc SW5 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q3: Các dạng sóng tại TP 15 là bị méo. Tại sao ?

SET

A B

1 4 Nguồn phát LED không chạy

2 3 Hiện tại Bias được giảm xuống và các đèn LED được điều khiển về trạng thái tắt(dòng thấp hơn 10 mA), trong vùng phi tuyến. Hiệu ứng này có thể được hiện thị nếu biên độ của tín hiệu video tăng lên (P2)

3 2 Hiện tại Bias được giảm xuống và các đèn LED được điều khiển về trạng thái tắt(dòng thấp hơn 10 mA), trong vùng phi tuyến. Hiệu ứng này có thể được hiện thị nếu biên độ của tín hiệu video tăng lên (P2)

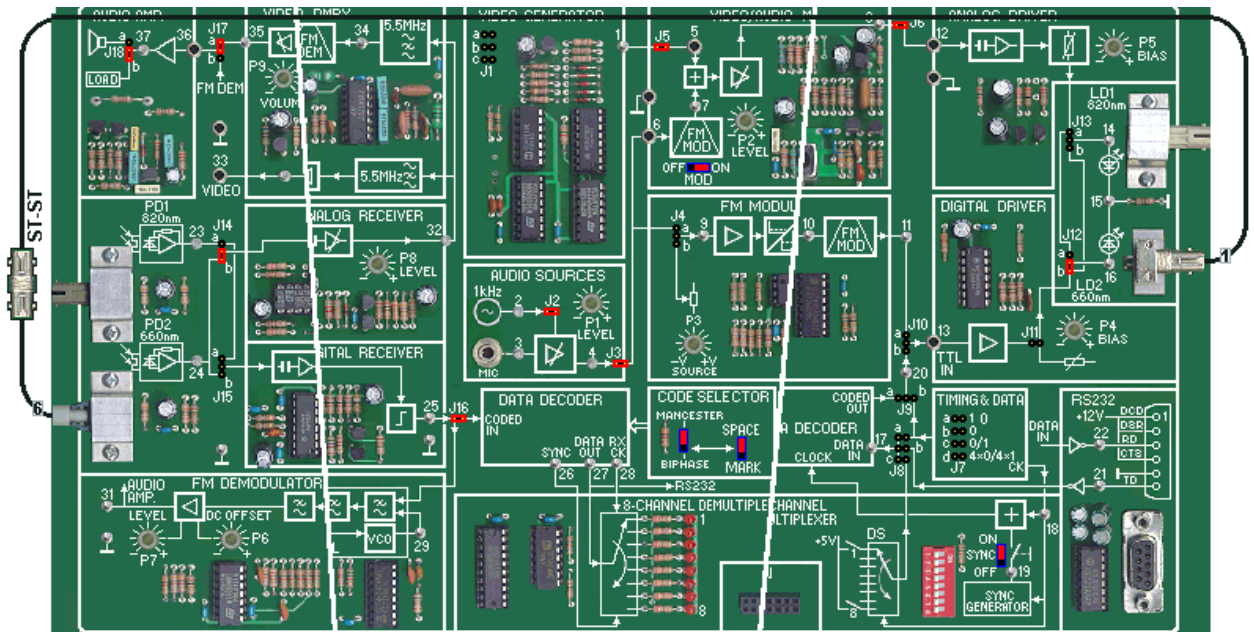
4 1 Hiện tại Bias được giảm xuống và các đèn LED được điều khiển về trạng thái tắt(dòng thấp hơn 60 mA), trong vùng phi tuyến. Hiệu ứng này có thể được hiện thị nếu biên độ của tín hiệu video tăng lên (P2).

SIS1	Thiết lập công tắc SW5 sang OFF
-------------	---------------------------------

Tăng giảm dòng BIAS (Potentiometer P5) và lưu ý (TP 15). Các đèn LED được điều khiển bão hòa hoặc tắt trong vùng phi tuyến.

c. Thực hiện kết nối

Ngắt kết nối J13-J15 và kết nối J2-J3-J5-J6-J12a-J14b-J17a-J18b, điều đó đã được sắp xếp và hiển thị trên mạch điện trong hình 971.9.



Chuẩn bị trước các cấu hình liên kết của: bộ nguồn audio và video, bộ điều chế audio với tần số 5,5 MHz, bộ ghép kênh Video+Audio – 5,5 MHz, bộ phát analog và LED tại 660nm; sợi cáp quang; photodiode tại 660nm và bộ thu analog; phân chia Video/Audio; giải điều chế audio tại 5,5 MHz và bộ khuếch đại audio.

Thiết lập P1 (Audio Level), P2 (Video Level Tx), P5 (Bias), P8 (Video Level Rx), P9 (Volume) ở vị trí trung tâm.

Kết nối đèn LED 2 và Photodiode PD2 đi trong sợi cáp nhựa (cable #1) và bộ nối ST-HP.

Quan sát dạng sóng trong các trường hợp sau:

- TP8: Tín hiệu đã truyền Video+Audio
- TP15: Điện áp đối xứng của dòng giao nhau trong LED
- TP24: Dò tín hiệu
- TP32: Nhận tín hiệu Audio+Video. Điều chỉnh P8 thu được biên độ khoảng 1.5 Vpp
- TP33: Tín hiệu video với tín hiệu audio trong sóng mang phụ (đưa ra bởi bộ lọc chắn dải với tần số trung tâm 5,5 MHz).
- TP34: tín hiệu audio trong sóng mang tại 5,5 MHz, đã được điều chế FM (phân tách bởi bộ lọc thông dải với tần số trung tâm tại 5,5 MHz)
- TP35/TP37: tín hiệu audio với tần số thấp trên Oscilloscope

Có thể kết nối TP33 với đầu vào của TV Monitor. Một bộ tạo nguồn video (video camera, VCR...) có thể được kết nối với đầu vào của bộ ghép kênh (TP5) hoặc bộ truyền phát (TP12).

Một số vị trí của bộ thu có thể bị bão hòa, gây dư thừa ở đầu vào của bộ nguồn quang.

Trong đó, điều chỉnh biên độ của tín hiệu truyền (P2) hoặc hướng phát của LED (P5), hoặc độ nhạy của bộ thu (P8), và kiểm tra tín hiệu video ở phía thu (biên độ khoảng 1,5 Vpp tại TP33).

SIS1	Thiết lập công tắc SW13 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q4: Tín hiệu audio và video không có giá trị tại TP37 và TP33. Tại sao ?

SET

A B

- 1 4 Nguồn phát LED không chạy
- 2 3 Photodiode PD2 không tạo ra tín hiệu
- 3 2 Sợi bị gãy, hoặc nó không đi đến tới đèn LED hoặc Photodiode
- 4 1 Bộ thu tín hiệu Analog không chính xác

SIS1	Thiết lập công tắc SW13 sang OFF
-------------	----------------------------------

SIS1	Thiết lập công tắc SW17 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q5: Tín hiệu audio đã thu được không có giá trị tại TP37. Tại sao ?

SET

A B

- 1 5 Máy tạo hàm 1kHz không có tín hiệu ra
- 2 3 Điều chế FM tại tần số 700kHz không cung cấp tín hiệu
- 3 2 Điều chế FM không chính xác

4 1 Bộ ghép kênh Audio/Video không chính xác

5 4 Bộ điều chế FM tại 5,5 MHz không có tín hiệu tại đầu ra

SIS1	Thiết lập công tắc SW17 sang OFF
-------------	----------------------------------

SIS1	Thiết lập công tắc SW4 sang ON
SIS2	Ấn INS

Q6: Tín hiệu audio đã thu được không có giá trị tại TP33. Tại sao ?

SET

A B

1 3 Nguồn phát LED không chạy

2 4 Bộ ghép kênh Audio/Video không chính xác

3 5 Điều chế FM tại tần số 5,5MHz không cung cấp tín hiệu

4 2 Bộ tạo video không có tín hiệu ở đầu ra

5 1 Bộ thu tín hiệu Analog không chính xác

SIS1	Thiết lập công tắc SW17 sang OFF
-------------	----------------------------------

Phần II. VIẾT BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

1. Quy định chung

Báo cáo thí nghiệm được viết một mặt trên khổ giấy A4, đóng quyển, bìa mềm. Mỗi sinh viên có một quyển báo cáo riêng.

Mỗi bài thí nghiệm sẽ thực hiện theo đúng trình tự yêu cầu trong mục 2.

2. Nội dung báo cáo

- Trình bày thao tác thí nghiệm đã thực hiện trong bài. Trả lời các câu hỏi trắc nghiệm trong bộ câu hỏi có trong phần mềm thí nghiệm.
- Tổng hợp những kết quả chính cho nội dung báo cáo.
- Phương pháp xử lý kết quả thí nghiệm.
- Gia công kết quả, lập bảng, vẽ đặc tính.
- Nhận xét kết quả:
 - + Các kết quả thu được từ thí nghiệm.
 - + So sánh kết quả thí nghiệm với lý thuyết.
 - + Mức độ kết quả đạt được so với yêu cầu đề ra.
 - + Đánh giá các sai số của dụng cụ, thiết bị thí nghiệm, người thao tác...
- Kiến nghị.

Phần III. ĐÁNH GIÁ CHẤM ĐIỂM, BẢO VỆ THÍ NGHIỆM

Bộ môn hay tập thể hướng dẫn thí nghiệm tổ chức đánh giá điểm thí nghiệm thông qua hình thức sau:

- Tất cả nội dung thí nghiệm trên đều thuộc phần thí nghiệm trong học phần ***Thông tin quang (3 tín chỉ)***. Yêu cầu sinh viên phải tham gia đầy đủ tất cả các buổi thí nghiệm đã đăng ký và làm báo cáo. Đây sẽ là điều kiện cần để đánh giá cho sinh viên có đủ điều kiện tham dự thi kết thúc học phần Thông tin quang hay không.