

FICHA DE EXPECTATIVA DE RESPOSTA DA PROVA ESCRITA

CONCURSO	
Edital:	059/2023 (16/05/2023)
Carreira:	PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Unidade Acadêmica:	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMUNICAÇÕES
Área de Conhecimento:	COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA TODAS AS QUESTÕES DISCURSIVAS
Clareza e propriedade no uso da linguagem
Coerência e coesão textual
Domínio dos conteúdos, evidenciando a compreensão dos temas objeto da prova
Domínio e precisão no uso de conceitos
Coerência no desenvolvimento das ideias e capacidade argumentativa

Questão 1: Valor (0,00 a 1,00)

Em sistemas de comunicação de fibra óptica, a detecção dos sinais ópticos mais fracos possíveis exige que o fotodiodo e o seu circuito de amplificação sejam otimizados de modo que possam manter determinada relação sinal-ruído. Defina e explique as principais fontes de ruído associadas aos fotodetectores na saída do receptor óptico. Estabeleça as condições que devem ser atendidas para manter a relação sinal-ruído elevada. Identifique os principais fatores que influenciam o tempo de resposta do fotodiodo com seu circuito de saída.

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato identifique como principais fontes de ruído associadas aos fotodetectores, o ruído quântico (Valor: 0,10), o ruído escuro gerado no material bulk do fotodiodo (Valor: 0,10), o ruído da corrente de fuga na superfície (Valor: 0,05) e o ruído térmico (Valor: 0,05). O candidato deve explicar: o ruído quântico ou shot como resultante da natureza estatística da produção de ruído e de fotoelétrons quando um sinal óptico é incidente no fotodetector (Valor: 0,10), o ruído escuro do fotodiodo como decorrente da corrente que continua a fluir do dispositivo quando nenhuma luz é incidente sobre o fotodiodo (Valor: 0,10), a corrente escura de superfície, ou corrente de fuga de superfície, como dependente dos defeitos de superfície, limpeza, tensão de polarização e área da superfície (Valor: 0,05) e o ruído térmico é devido ao movimento de cargas livres na resistência de carga do fotodetector (Valor: 0,05). Espera-se que o candidato mencione como condições a serem satisfeitas para conseguir uma relação sinal-ruído elevada que os fotodetectores devam ter uma elevada eficiência quântica para gerar um sinal de potência alto e que os ruídos do fotodetector devam ser mantidos tão baixos quanto possível. (Valor: 0,10).

Espera-se também que o candidato identifique como os principais fatores que interferem no tempo de resposta do fotodiodo os seguintes fatores: o tempo de trânsito dos fotoportadores na região de depleção (Valor: 0,10), o tempo de difusão dos fotoportadores gerados fora da região de depleção (Valor: 0,10), e a constante de tempo RC do fotodiodo e do seu circuito associado (Valor: 0,10).

Valor total da pontuação da questão resulta:

$(0,10+0,10+0,05+0,05+0,10+0,10+0,05+0,05+0,10+0,10+0,10)=1,00$ pt.

Questão 2: Valor (0,00 a 1,00)

A atenuação do feixe óptico é um dos fatores limitantes do desempenho de um Sistema de Comunicações Ópticas, pois reduz a potência óptica do sinal que chega ao receptor. Cite e explique os fatores que contribuem para a atenuação do feixe óptico que se propaga em uma fibra óptica.

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato cite a Absorção Material, mencionando a absorção intrínseca (Valor: 0,10) na faixa do Ultravioleta devido às ressonâncias eletrônicas e na faixa do Infravermelho devido às vibrações moleculares; e a absorção extrínseca (Valor: 0,10) que resulta da presença de impurezas na fibra óptica como, principalmente, vapor de água (íons OH) e metais de transição como Fe, Cu, Co, Ni, Mn e Cr. Espera-se que o pico de absorção em torno de 1390 nm seja mencionado, que é devido aos íons OH (Valor: 0,05) e que seja dito que estes são a maior contribuição para a Absorção Material (Valor: 0,10).

Espera-se que o candidato também cite o Espalhamento Rayleigh (Valor: 0,20) que é devido às flutuações na densidade da sílica que levam a variações no índice de refração da sílica numa escala menor que o comprimento de onda do feixe óptico (Valor: 0,10). Também se espera que seja mencionado que o Espalhamento Rayleigh domina a atenuação do feixe óptico no comprimento de onda de 1550nm (Valor: 0,05).

Por fim, espera-se que o candidato cite as imperfeições no guia de onda óptico (Valor: 0,10). Imperfeições na interface entre o núcleo e a casca da fibra óptica levam a perdas adicionais causadas pelo Espalhamento Mie (Valor: 0,05), que também deve ser citado. O Espalhamento Mie é causado devido às não homogeneidades que ocorrem no índice de refração da fibra devido às imperfeições, numa escala maior que o comprimento de onda do feixe óptico, que se propaga por esta fibra (Valor: 0,05). Deve-se mencionar, também, que esta é a menor causa de perda nas fibras ópticas (Valor: 0,05). Curvaturas na fibra óptica também causam perdas, mas podem ser desprezíveis, pois precisam de dimensões micrométricas para se tornarem importantes. Entretanto, quando as fibras ópticas são colocadas nos cabos ópticos, cuidados devem ser tomados para evitarem

microcurvaturas que aumentarão as perdas na fibra óptica devido à radiação da luz do núcleo para a casca nestes pontos (Valor: 0,05).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma das pontuações:

$(0,10 + 0,10 + 0,05 + 0,10 + 0,20 + 0,10 + 0,05 + 0,10 + 0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,05) = 1,0$ pt.

Questão 3: **Valor (0,00 a 1,00)**

Para ser útil em aplicações de transmissão por fibra ótica, um LED deve ter alta radiância de saída, um rápido tempo de reposta de emissão e uma eficiência quântica elevada. Defina a radiância e o tempo de resposta de emissão. No que se refere a eficiência quântica, estabeleça a definição de eficiência quântica externa e eficiência quântica interna. (Valor: 1,00)

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato apresente a radiância (ou brilho) como uma medida da potência óptica irradiada para uma unidade de ângulo sólido por unidade de área da superfície emissora (Valor:0,20).

O tempo de resposta da emissão, deve ser definido como o atraso de tempo entre aplicação de um impulso de corrente e o início da emissão óptica (Valor:0,30). Espera-se que o candidato identifique a eficiência quântica como sendo o número de fótons gerados em relação à fração de pares elétrons-buracos injetados. (Valor:0,10).

A eficiência quântica externa, deve ser definida como a razão entre os fótons emitidos pelo LED e o número de fótons gerados internamente (Valor:0,20), a eficiência quântica interna na região ativa, como a fração dos pares elétron-buraco que se recombina radiativamente ou como a razão entre a taxa de recombinação radiativa e a taxa de recombinação total (Valor: 0,20).

Valor total da pontuação da questão resulta:

$(0,20+0,30+0,10+0,20+0,20) = 1,00$

Questão 4: **Valor (0,00 a 1,00)**

Nas comunicações ópticas, a multiplexação por divisão de comprimento de onda (*WDM - Wavelength Division Multiplexing*) é uma tecnologia que multiplexa uma série de sinais portadores ópticos em uma única fibra óptica usando diferentes comprimentos de onda de luz. Com base nesta definição, faça uma análise comparativa entre os dois principais tipos desta tecnologia, considerando como critérios de comparação: quantidade de canais, espaçamento mínimo entre canais e bandas óticas utilizadas de cada um destes tipos. (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se como resposta para essa questão que o candidato identifique as duas principais variantes de WDM: a) CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) e b) DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Os valores de pontuação para essa identificação correta são: 0,20 para cada variante (total de $2 \times 0,20 = 0,40$).

Com relação à "Quantidade de Canais", o candidato deve comentar que: O DWDM permite a oferta de uma grande quantidade de canais, geralmente na faixa de dezenas a centenas de canais (Valor: 0,10). Já o CWDM permite uma oferta de menos canais em comparação com o DWDM, geralmente na faixa de alguns canais até cerca de duas dúzias de canais (Valor: 0,10).

Com relação ao "Espaçamento Mínimo entre Canais", o candidato deve comentar que: O DWDM possui um espaçamento mínimo entre canais muito estreito, geralmente em torno de 0,8 nanômetros (nm) ou menos. Isso permite acomodar uma grande quantidade de canais em uma faixa de comprimento de onda estreita (Valor: 0,10). Já o CWDM tem um espaçamento mínimo entre canais mais amplo, geralmente na faixa de 20 nm ou mais. Isso simplifica a fabricação de componentes e reduz os requisitos de precisão, mas resulta em menos canais disponíveis (Valor: 0,10).

Com relação às "Bandas Óticas", o candidato deve comentar que: O DWDM opera em bandas óticas estreitas, muitas vezes na região C (1525-1565nm) ou L (1570-1610nm) (Valor: 0,10). Já o CWDM, opera em bandas óticas mais amplas, normalmente na região O/E/S+C+L, de 1270 nm a 1610nm (Valor: 0,10).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma destas pontuações: $(0,20+0,20 + 6 \times 0,10) = 1,00$ pt.

Questão 5: **Valor (0,00 a 1,00)**

O MPLS (Multi-Protocol Label Switching) é uma tecnologia de rede que é usada para encaminhar dados de rede de forma eficiente e controlada. A principal característica do MPLS é a capacidade de encaminhar pacotes de dados com base em rótulos em vez de endereços IP tradicionais. Descreva em que consiste o conceito relacionado conhecido como GMPLS e como este pode ser usado conjuntamente com os algoritmos RWA (*Routing and Wavelength Assignment*) para permitir a configuração de conexões em redes WDM totalmente ópticas. (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se como resposta para essa questão que o candidato explique que o GMPLS (*Generalized Multi-Protocol Label Switching*) é uma extensão do MPLS que generaliza os princípios de comutação de rótulos para diferentes tipos de recursos de rede, incluindo comprimentos de onda em redes WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) totalmente ópticas, reconhecendo que, o GMPLS estende a funcionalidade do MPLS para redes ópticas e outros tipos de redes de transporte (Valor: 0,50).

Na segunda parte da resposta, espera-se que o candidato explique como o GMPLS pode ser usado em conjunto com os algoritmos RWA (*Routing and Wavelength Assignment*) para permitir a configuração de conexões em redes WDM totalmente ópticas, esclarecendo que o GMPLS é usado para controlar e gerenciar o estabelecimento de conexões em redes WDM totalmente ópticas através da generalização do conceito de rótulos para incluir comprimentos de onda e fornece um framework para o roteamento, atribuição de comprimento de onda, sinalização e manutenção de conexões ópticas (Valor: 0,25). O candidato deve também explicar que os algoritmos RWA são uma parte essencial desse processo, ajudando a escolher as rotas e comprimentos de onda ideais para otimizar o uso dos recursos da rede óptica. Isso resulta em uma rede mais eficiente e capaz de acomodar as demandas crescentes de largura de banda (Valor 0,25).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma destas pontuações: $(0,50 + 0,25 + 0,25) = 1,00$ pt.

Questão 6: **Valor (0,00 a 1,00)**

Em enlaces de longas distâncias, os amplificadores ópticos se tornaram uma alternativa para o problema das perdas na fibra óptica pois, amplificam o sinal diretamente no domínio óptico. Como um amplificador a fibra dopada com Érbio (*Erbium Doped Fiber Amplifier* - EDFA) funciona? Explique como um sinal é amplificado por este amplificador. (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato explique que este amplificador é feito com uma fibra óptica de sílica que contém, também, íons do elemento de terra rara Érbio (Er^{+3}) em seu núcleo (Valor: 0,10). Esta fibra óptica tem de ser bombeada opticamente nos comprimentos de onda de 1480 e/ou 980 nm para que dê ganho óptico através da inversão de população (Valor: 0,10). O espectro de ganho do amplificador depende do esquema de bombeamento e de outros dopantes que podem ser colocados no núcleo desta fibra como Ge e alumina (Valor: 0,10). É esperado que se mencione que o comprimento de onda de pico de ganho deste amplificador está em torno de 1535 nm (Valor: 0,10), que se esta fibra não for opticamente bombeada, atenuará o sinal óptico e que este amplificador gera o ruído de emissão espontânea amplificado (ASE) (Valor: 0,10). O EDFA pode ser desenvolvido em três configurações: co-propagante, ou seja, os feixes ópticos de sinal e bombeio se propagam no mesmo sentido dentro da fibra (Valor: 0,10); contra-propagante onde os feixes ópticos de sinal e bombeio se propagam em sentidos opostos dentro da fibra (Valor: 0,10) e bidirecional em que o bombeio se propaga em ambos os sentidos dentro da fibra (Valor: 0,10). Por fim, espera-se que seja mencionado que o sinal óptico ao se propagar por esta fibra estimula os íons de Er que se encontram no nível meta-estável (devido à inversão de população) a decaírem e gerarem mais fótons no mesmo comprimento de onda e em fase com os fótons de sinal levando à amplificação do mesmo (Valor: 0,20).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma das pontuações:

$(0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,10 + 0,20) = 1,00$ pt.

Questão 7:	Valor (0,00 a 1,00)
-------------------	----------------------------

A sigla FTTx é usada para se fazer referência a várias tecnologias de acesso de banda larga que envolvem a implantação de fibra óptica para transmitir dados. Explique o que são e quais as principais diferenças entre os dois tipos de FTTx conhecidos como FTTH e FTTC, no que diz respeito aos critérios de comparação: extensão das fibras óticas e velocidades envolvidas. (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato organize sua resposta em duas partes. Cada uma delas valendo 0,50.

Na primeira parte, deve identificar cada um dos tipos de FTTx como sendo: FTTH (Fiber To The Home) e FTTC (Fiber To The Curb).

Na segunda parte da resposta, o candidato deverá considerar critérios de comparação e caracterizar os dois tipos de FTTx identificados na primeira parte. Uma caracterização aproximada para essa parte poderia envolver algo parecido com o texto a seguir:

Com relação à extensão da Fibra Óptica: Em uma rede FTTH, a fibra óptica é estendida diretamente até a casa ou residência do usuário final. Isso significa que a conexão de fibra óptica é fornecida até o interior do edifício. Isso elimina a necessidade de cabos de cobre tradicionais e permite altas velocidades de internet. No FTTC, a fibra óptica é estendida apenas até um gabinete ou caixa de distribuição que fica relativamente próximo aos edifícios atendidos, geralmente na calçada ou na beira da estrada. A partir desse ponto, a conexão é distribuída para os clientes finais usando cabos de cobre existentes, como fios de cobre de telefone. (Valor: 0,25)

Com relação às velocidades: As redes FTTH geralmente oferecem velocidades de internet mais altas e um desempenho mais consistente. Isso pode permitir velocidades simétricas (download e upload) muito altas, com potencial para gigabit ou mais. Embora o FTTC ofereça uma melhoria em relação às tecnologias mais antigas que dependem inteiramente de cabos de cobre, as velocidades e o desempenho ainda podem ser limitados pela distância entre o gabinete de distribuição e o edifício do usuário. A qualidade da infraestrutura de cobre existente também pode afetar a qualidade da conexão. (Valor: 0,25)

O total da pontuação da questão é o resultante da soma destas pontuações: $(0,50 + 0,25 + 0,25) = 1,00$ pt.

Questão 8:	Valor (0,00 a 1,00)
-------------------	----------------------------

As redes ópticas são usadas para conectar um grande número de usuários em uma determinada área geográfica. Sua classificação depende da área que essas redes cobrem. Explique o uso de fibra óptica em redes locais (*Local Area Networks* - LANs). (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato mencione que o uso de fibras ópticas é recomendável quando se deseja ter imunidade à interferência eletromagnética (Valor: 0,20) e/ou quando há necessidade de que um grande número de usuários (dentro da área de cobertura desta rede) seja interconectado a uma rede, de tal forma que, cada um desses usuários possa acessar a rede para transmitir informações com baixa latência (Valor: 0,30). Ou seja, espera-se que seja mencionado que a fibra óptica deva ser usada devido à sua grande largura de banda (Valor: 0,20). Além disso, os problemas de latência e de segurança também são importantes a se considerar como motivadores para o uso das fibras óticas (Valor: 0,30).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma das pontuações:

$(0,20 + 0,30 + 0,20 + 0,30) = 1,00$ pt.

Questão 9:	Valor (0,00 a 1,00)
-------------------	----------------------------

Uma rede óptica passiva (*PON – Passive Optical Network*) é uma rede de fibra óptica que utiliza uma topologia ponto a multiponto para fornecer dados de um único ponto de transmissão para vários terminais de usuário. Descreva como seria o funcionamento de uma rede PON, descrevendo uma arquitetura típica para esse tipo de rede e seus elementos componentes. (Valor: 1,00 pt.)

Resposta Esperada:

Espera-se que o candidato apresente, na primeira parte da resposta, uma breve descrição dos componentes da arquitetura, de maneira similar ao que é mostrado a seguir:

1. OLT (*Optical Line Terminal*): É o ponto de concentração na extremidade da operadora da rede PON. Ele é responsável por gerenciar o tráfego de dados para todos os assinantes da rede. É a OLT que converte os sinais elétricos em sinais ópticos para

transmissão pela fibra óptica. Ela também coordena a alocação de largura de banda para as ONUs e controla a divisão de tempo (TDM) para garantir que cada ONU receba seu devido acesso à fibra óptica (Valor: 0,2).

2. ODN (Optical Distributed Network): fornece o meio de transmissão óptica para a conexão física das ONUs às OLTs. Dentro do ODN, cabos de fibra óptica, conectores de fibra óptica, divisores ópticos passivos e componentes auxiliares colaboram entre si (Valor: 0,1).

3. Splitter Óptico: São componentes passivos que dividem o sinal óptico em várias direções, permitindo que um único cabo de fibra óptica atenda a múltiplas ONUs. Eles podem ser de diferentes proporções, como 1:4, 1:8, 1:16, etc., dependendo do número de ONUs a serem atendidas (Valor: 0,1).

4. ONU (*Optical Network Unit*): É instalada na residência ou no local do assinante. A ONU recebe o sinal óptico da fibra óptica e o converte em sinais elétricos que podem ser utilizados pelos dispositivos do assinante, como computadores, telefones e roteadores. Além disso, a ONU também converte os sinais elétricos dos dispositivos do assinante em sinais ópticos para envio de volta à OLT (Valor: 0,1).

Na primeira parte da resposta, cada um dos componentes tem a seguinte pontuação: OLT (0,20), ODN (0,10), Splitters (0,10) e ONU (0,10), totalizando os 0,50 da primeira parte da resposta.

Na segunda parte da resposta (Valor: 0,50), o candidato deverá apresentar, sucintamente, como esses componentes desempenham suas funcionalidades em conjunto para permitir a troca de informação entre transmissores e receptores. O texto a seguir mostra os principais pontos a serem abordados na descrição desse funcionamento.

1. A OLT na extremidade da operadora inicia a transmissão enviando dados na forma de sinais ópticos pela fibra óptica de distribuição (Valor: 0,10).

2. O splitter óptico divide o sinal em múltiplos ramos, cada um conectado a uma ONU diferente (Valor: 0,10).

3. Cada ONU recebe o sinal óptico, converte-o em sinais elétricos e o distribui para os dispositivos do assinante, como computadores e telefones (Valor: 0,10).

4. Quando os dispositivos do assinante enviam dados de volta à rede, a ONU converte os sinais elétricos em sinais ópticos e os envia de volta à OLT através do mesmo caminho (Valor: 0,10).

5. A OLT coordena o tráfego de dados para garantir que cada ONU receba acesso à fibra óptica em intervalos de tempo designados, usando um protocolo chamado de Time-Division Multiplexing (TDM) (Valor: 0,10).

O total da pontuação da questão é o resultante da soma das pontuações para as duas partes da resposta : $(0,5+0,5) = 1,0$ pt.

Questão 10: **Valor (0,00 a 1,00)**

Uma Rede SDH é definida como o conjunto de equipamentos e meios físicos de transmissão, componentes de um sistema digital síncrono de transporte de informações que tem por objetivo fornecer uma infraestrutura básica para redes ópticas de telecomunicações de alta capacidade, permitindo o gerenciamento e manutenção da rede avançados. Com base nesse entendimento, responda ao que é solicitado nos itens abaixo:

a) Na SDH, a taxa básica equivale ao que é chamado de módulo de transporte síncrono de nível 1 (STM-1), a partir da qual, por multiplexação, geram-se os níveis mais altos de STM, designadas por STM-N. Identifique os valores de N suportados pelas recomendações da ITU-T.

b) A formatação básica do quadro STM-1 é de 9 linhas x 270 colunas, dividida em duas partes. Identifique essas partes e suas funções.

c) A base de uma rede SDH é a multiplexação síncrona direta. Caracterize a funcionalidade do dispositivo multiplexador óptico de adição e remoção (Add-Drop Multiplexer-ADM).

d) Identifique as duas redes lógicas que são superpostas sobre a rede física SDH.

Resposta Esperada:

a) Espera-se como valores para N: N=1, 4, 16, 64 e 256 (Valor: 0,10)

b) Espera-se que o candidato identifique a formatação básica do quadro SDH segmentada em um cabeçalho ou section overhead (Valor: 0,10), que provê facilidades como monitoração de alarme, monitoração de erro e de canais de comunicação necessários ao suporte e manutenção do transporte do VC (virtual container) (Valor:0,10) e um módulo de transporte ou (VC) (Valor:0,10), que recebe e arranja dentro do VC os sinais tributários individuais para transmissão por meio da rede SDH. (Valor: 0,20).

c) Espera-se que o candidato apresente o multiplexador óptico de adição e remoção, como um dispositivo que permite a inserção ou extração de um ou mais comprimentos de onda a partir de uma fibra em um nó da rede (Valor:0,20).

d) Espera-se que o candidato identifique como redes lógicas superpostas sobre a rede física de transmissão SDH, a rede de transporte de informação de usuário (Valor: 0,10) e a rede de transporte de informação de gerência e manutenção (Valor:0,10).

Total de pontuação para a questão= $(0,10+0,10+10+0,10+0,20+0,20+0,10+0,10) = 1,00$

NATAL, 16 de Outubro de 2023 às 18:08.

Assinado digitalmente em
16/10/2023 13:05

Assinado digitalmente em
16/10/2023 18:08

Assinado digitalmente em
16/10/2023 18:03

CLAUDIO RODRIGUES MUNIZ DA SILVA GUTEMBERGUE SOARES DA SILVA MARIA THEREZA MIRANDA ROCCO GIRALDI
PRESIDENTE 1º EXAMINADOR 2º EXAMINADOR