

"REGENERADOR DE PULSOS OPTICOS  
BASEADO EM AMPLIFICADORES OPTICOS A SEMICONDUTOR OPERANDO  
COM INJEÇÃO DE CORRENTE REALIMENTADA E SIMULTANEA".

Refere-se o presente relatório

5. de um instrumento capaz de regenerar, reformatar e remodular pulsos ópticos baseado em amplificador óptico a semicondutor, com aplicações em enlaces de comunicação por fibra óptica. O efeito final do instrumento é fazer com que o pulso de saída tenha uma separação mais nítida entre os
10. valores de maior e de menor intensidade, em relação ao pulso de entrada no instrumento. Conseqüentemente, o sinal amplificado e regenerado na saída pode ser transmitido por um novo trajeto de enlace de fibra óptica, com aumento do máximo comprimento do enlace de telecomunicações. Caso se-
15. jam necessárias maiores distâncias, vários instrumentos podem ser colocados ao longo do trajeto do enlace.

- Os sistemas de telecomunicações que utilizam fibras ópticas normalmente trabalham com modulação direta por intensidade de pulsos (IM-DD). Os pul-
20. sos ópticos gerados por este processo, sofrem dois tipos de deterioração, a medida em que se propagam pela fibra óptica. A primeira deterioração é causada pela atenuação da fibra, com o efeito de diminuir a intensidade do pulso, tornando-o mais sensível ao ruído. A segunda deterioração é
  25. causada pela dispersão da fibra que introduz uma deformação no formato do pulso.

A solução normalmente adotada para a resolução deste problema é o emprego de repetidores

regenerativos, colocados convenientemente ao longo do enlace por fibra óptica. O repetidor regenerativo recebe pulso óptico deteriorado, transforma-o em um pulso semelhante e faz uma decisão se o pulso em questão é o um *lógico* ou o zero *lógico*. Para a tomada de decisão é necessário recuperar o relógio do trem de pulsos ópticos, o que é feito por um circuito eletrônico conveniente. Após decidir se o pulso é zero ou um, o regenerador gera um novo pulso elétrico que em seguida é transformado em pulso óptico por um laser ou LED (diodo emissor de luz).

O inconveniente do repetidor regenerativo é o seu custo elevado, decorrente da eletrônica envolvida.

Uma forma alternativa de evitar o primeiro tipo de deterioração do pulso óptico, ou seja, evitar a atenuação do pulso é amplificá-lo utilizando um amplificador óptico. Esta amplificação, entretanto, não melhora a distorção do formato do pulso causada pela dispersão da fibra óptica. Para compensar esta dispersão utiliza-se, normalmente, um carretel de fibra compensadora da dispersão ou uma grade compensadora da dispersão.

A seguir, o objeto da presente patente de invenção será pormenorizadamente descrito com referência aos desenhos abaixo relacionados, nos quais:

a figura 1 ilustra uma vista de um diagrama de blocos da patente em questão;

a figura 2 ilustra um gráfico de um sinal óptico do pulso de entrada no regenerador;

- a figura 3 ilustra um gráfico de um sinal óptico do pulso de saída do regenerador; e
- a figura 4 ilustra um gráfico de um sinal óptico do pulso de saída do regenerador, quando o ganho dos amplificadores de microondas é muito alto.
- 5.

De conformidade com o quanto ilustram as figuras acima relacionadas, o regenerador de pulsos ópticos proposto, compreende empregar um amplificador óptico que amplifica o tamanho do pulso ao mesmo tempo em que corrige o formato do pulso óptico. Dessa técnica resultam dois efeitos positivos: o aumento do tamanho do pulso pela amplificação e a correção de seu formato, ou seja, regeneração e reformatação do pulso óptico. Estas tarefas simultâneas são realizadas pela invenção aqui tratada, com um mínimo de complexidade eletrônica, sem que seja necessário recuperar o relógio do trem de pulsos ou tomar uma decisão sobre o nível lógico.

10.

15.

Neste sentido, o instrumento aqui tratado, amplifica o tamanho pulso ao mesmo tempo em que corrige o formato do pulso óptico. O instrumento está baseado em um circuito que injeta uma corrente elétrica no amplificador óptico, de tal forma que esta corrente tem o mesmo formato e ocorre ao mesmo tempo que o pulso óptico que se pretende regenerar. Com isto, consegue-se que o amplificador tenha ganhos mais elevados para a parcela do sinal de entrada de maior intensidade.

20.

25.

Em adição, o amplificador tem

ganhos menos elevados para a parcela do sinal de entrada de menor intensidade. O efeito do instrumento é fazer com que o pulso de saída tenha uma separação mais nítida entre os valores de maior e de menor intensidade, em relação ao pulso de entrada no instrumento.

Conseqüentemente, o sinal amplificado e regenerado na saída pode ser transmitido por um novo trajeto de enlace de fibra óptica, com aumento do máximo comprimento do enlace de telecomunicações. Caso sejam necessárias maiores distâncias, vários instrumentos podem ser colocados ao longo do trajeto do enlace.

O regenerador de pulsos baseado em amplificadores ópticos a semicondutor, operando com injeção de corrente realimentada e simultânea, é mostrado na figura 1.

O pulso óptico 1, deteriorado pela atenuação e dispersão, propagando-se na fibra óptica 2, entra no repetidor através de um conector óptico 3. Em seguida um acoplador óptico direcional 4 extrai uma parte do sinal de luz o qual é detectado e transformado em um pulso elétrico pelo receptor óptico 5. Em seguida o pulso elétrico, que possui formato similar ao pulso deteriorado, é amplificado por um amplificador de rádio-freqüência (ou de microondas) 6 que possui ganho ajustável e banda de passagem conveniente. Em seguida, o pulso já amplificado passa por um defasador 7 ajustado em um atraso conveniente. A seguir, um nível de corrente contínua 8 é então misturado com o pulso elétrico em um derivador (*Bias TEE*) 9 e aplica-

do ao terminal de corrente de injeção do amplificador óptico a semiconductor 12, através de um circuito conveniente.

Por outro lado, o pulso óptico deteriorado chegou ao amplificador após passar por uma fibra óptica 10 e um isolador óptico 11. O tamanho da fibra 10 e o atraso do defasador são ajustados de tal forma que o pulso elétrico e o pulso óptico cheguem simultaneamente no amplificador óptico a semiconductor (SOA).

Neste caso, quanto mais alto for o nível óptico do pulso, maior será a corrente injetada e maior será o ganho do amplificador óptico, ou seja, criou-se um tipo de realimentação positiva para o pulso óptico. Esta realimentação permite tornar mais clara a distinção entre os diferentes níveis do pulso, melhorando o seu formato ao mesmo tempo que o amplifica. A redução para a prática foi realizada nesta invenção e os resultados experimentais, mostrando a melhoria do pulso, são mostrados a seguir.

A figura 2 mostra um pulso óptico, na taxa de 9 Mega bit/s, deteriorado e aplicado na entrada do regenerador.

Cabe salientar que o nível lógico um possui 148,9 micro watt e o nível lógico zero possui 88 micro watt, ou seja, é difícil fazer a distinção entre os níveis lógicos devido à sua proximidade. Este pulso possui uma razão de extinção igual a  $148,9/88$ , ou seja, razão de extinção de aproximadamente 1,7 a qual é insuficiente para um sistema de telecomunicações.

A figura 3 mostra este pulso após ter passado pelo regenerador implementado nesta patente, com ganho do amplificador de rádio-freqüência igual a 30 dB (decibéis).

5. Cabe salientar que o nível lógico um tem 174,8 micro watt e o nível lógico zero possui 42 micro watt, ou seja, razão de extinção a razão de extinção foi elevada de 1,7 para 4,16. Um aumento ainda maior da razão de extinção poderia ter sido conseguido com um maior ganho do amplificador de rádio-freqüência ou com um ganho mais elevado do amplificador óptico.

10. Caso o ganho do amplificador de rádio-freqüência for ajustado para um valor bem mais elevado (42 dB para o circuito aqui implementado), a razão de extinção aumenta para (340/ 3,4), ou seja, para 100. Entretanto, este aumento tão dramático se faz à custa da diminuição do ciclo de trabalho do pulso, conforme pode ser observado na figura 4.

15. O instrumento aqui descrito deve ser utilizado sempre que o sinal em uma fibra óptica necessitar regeneração. Neste sentido, ele deve ser empregado nas mesmas tarefas e em substituição aos atuais repetidores regenerativos. Além disto, o instrumento também pode ser inserido para regenerar os sinais de cada canal de um enlace tipo WDM ("*Wavelength Division Multiplex*").

20. Uma vantagem do instrumento objeto desta patente de invenção é a sua menor complexidade em relação aos repetidores regenerativos usados atualmente.

Esta menor complexidade advém do fato de não ser necessário realizar a trabalhosa operação de extração do relógio. Em conseqüência, o instrumento é transparente ao relógio do trem de pulsos, podendo regenerar, em princípio, qualquer

5. taxa de bits do sinal óptico.

Em princípio, o regenerador aqui apresentado trabalha com qualquer taxa de bits, desde que os sinais ópticos e os sinais elétricos da realimentação, cheguem simultaneamente ao amplificador óptico.

10. Entretanto, a mudança do ganho do amplificador óptico, necessária ao regenerador, não se faz instantaneamente. Dessa forma, se o pulso for muito rápido, o regenerador não conseguirá acompanhá-lo e efetuar a regeneração. Com o amplificador utilizado, foi possível

15. efetuar a regeneração de sinais de até 600 Mega bit/s. Taxas mais elevadas deve esperar pelo desenvolvimento de amplificadores com tempo de resposta mais rápidos.

## REIVINDICAÇÕES

1. "REGENERADOR DE PULSOS OPTICOS BASEADO EM AMPLIFICADORES OPTICOS A SEMICONDUTOR OPERANDO COM INJEÇÃO DE CORRENTE REALIMENTADA E SIMULTANEA", do tipo que é passível de ter aplicações em enlaces de comunicação por fibra óptica, caracterizado pelo fato de compreender o emprego de um amplificador óptico que amplifica o tamanho do pulso ao mesmo tempo em que corrige o formato do pulso óptico, do que resultam o aumento do tamanho do pulso pela amplificação e a correção de seu formato, determinando assim a regeneração e reformatação do pulso óptico.

2. "REGENERADOR DE PULSOS OPTICOS BASEADO EM AMPLIFICADORES OPTICOS A SEMICONDUTOR OPERANDO COM INJEÇÃO DE CORRENTE REALIMENTADA E SIMULTANEA", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o pulso óptico (1) deteriorado pela atuação e dispersão, propagando-se na fibra óptica (2), entra no repetidor através de um conector óptico (3), sendo que, em seguida, um acoplador óptico direcional (4) extrai uma parte do sinal de luz o qual é detectado e transformado em um pulso elétrico pelo receptor óptico (5); o pulso elétrico que possui formato similar ao pulso deteriorado, é amplificado por um amplificador de rádio-freqüência ou microondas (6) que possui ganho ajustável e banda de passagem conveniente; o pulso já amplificado passa por um defasador (7) ajustado em um atraso conveniente; um nível de corrente contínua (8) é então misturado com o pulso elétrico em um derivador

(*Bias TEE*) (9) e aplicado ao terminal de corrente de injeção do amplificador óptico a semicondutor (12).

3. "REGENERADOR DE PULSOS OPTICOS BASEADO EM AMPLIFICADORES OPTICOS A SEMICONDUTOR OPERANDO COM INJEÇÃO DE CORRENTE REALIMENTADA E SIMULTANEA", segundo o reivindicado em 2, caracterizado pelo fato de que o pulso óptico deteriorado chega ao amplificador após passar por uma fibra óptica (10) e um isolador óptico (11), sendo que o tamanho da fibra (10) e o atraso do defasador são ajustados de tal forma que o pulso elétrico e o pulso óptico chegam simultaneamente no amplificador óptico a semicondutor (SOA).

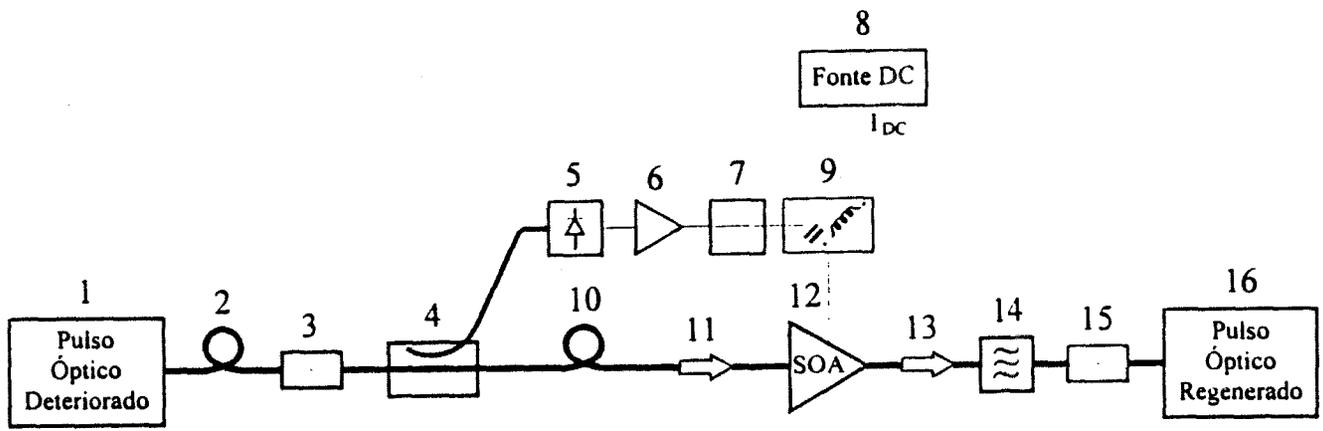


FIG.-1

FIG. 2

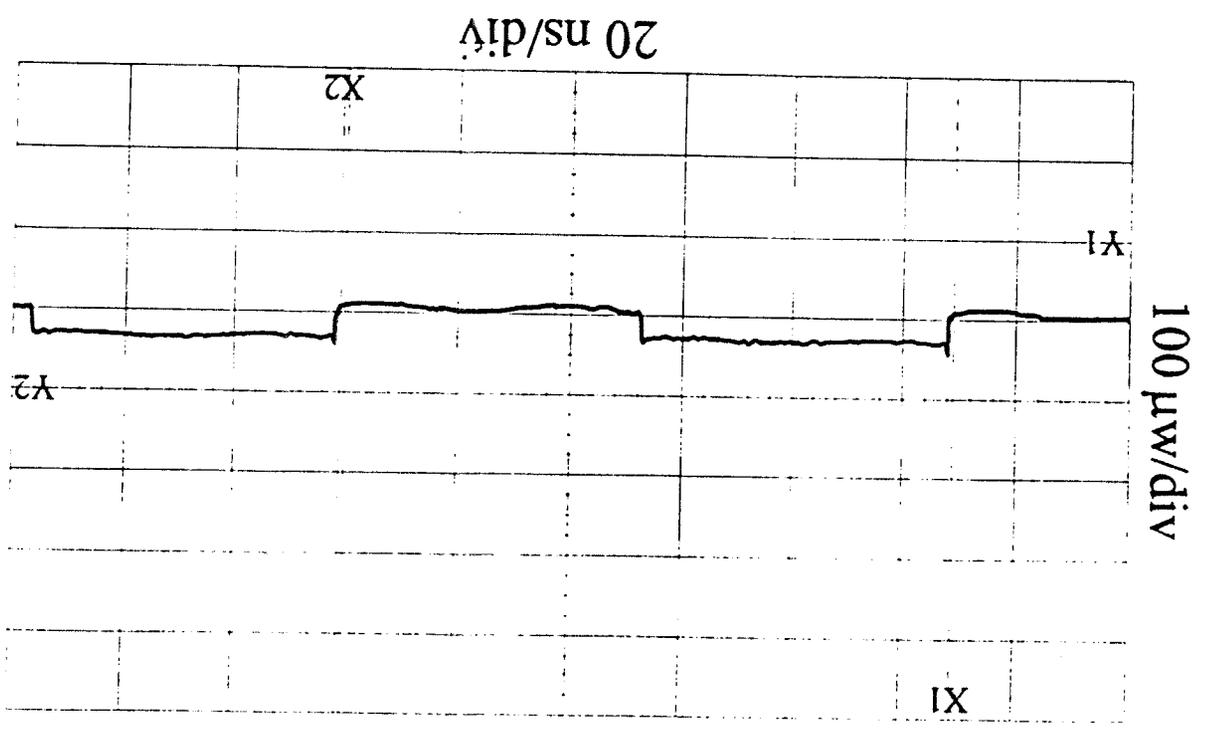


FIG. 3

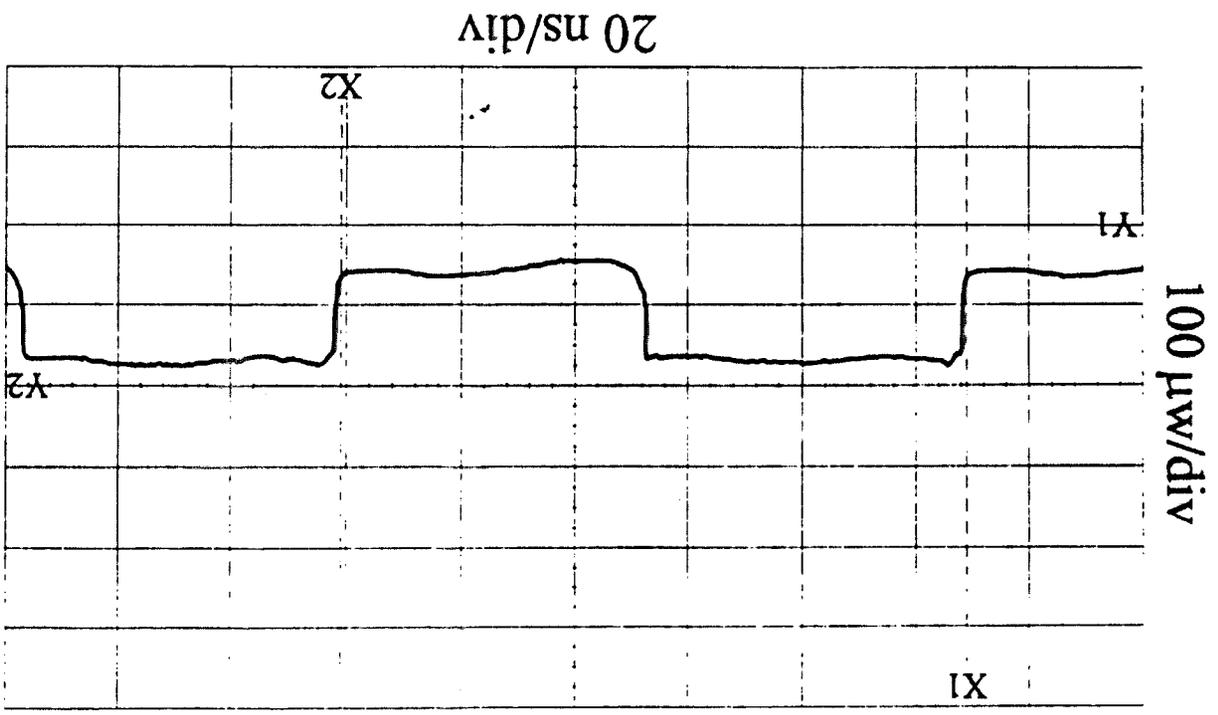
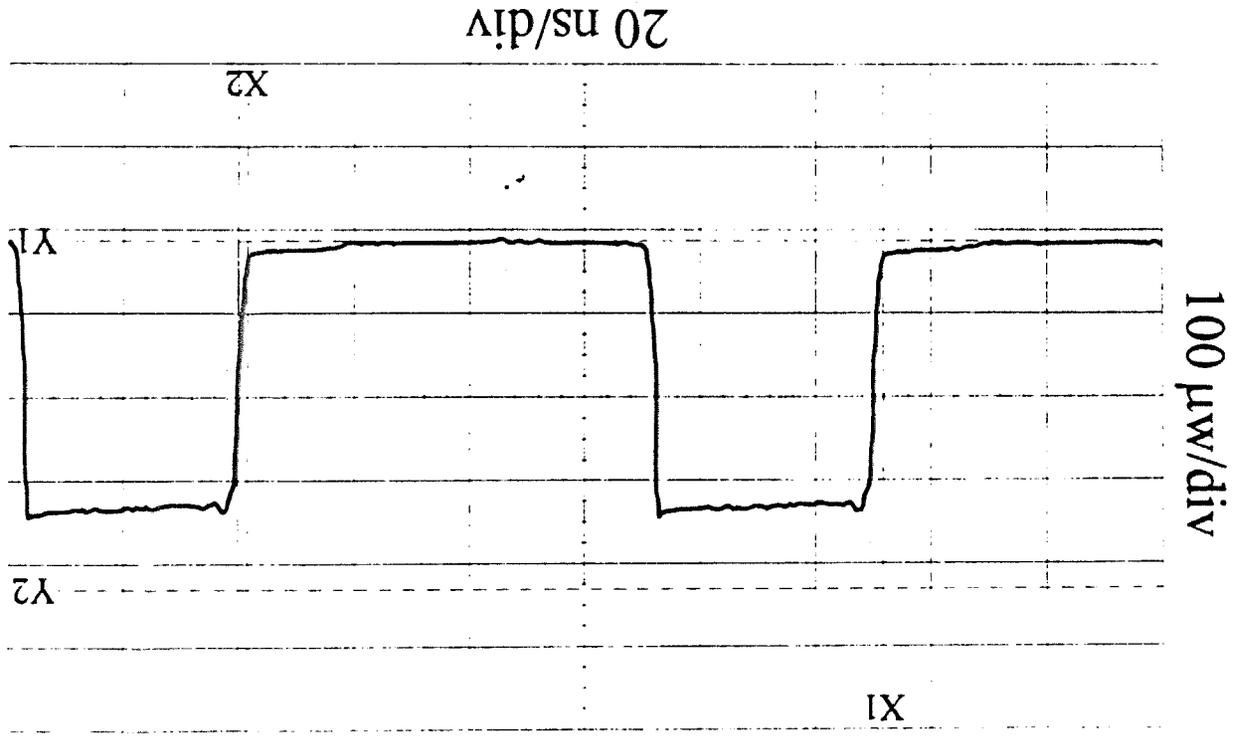


FIG. 4



## RESUMO

"REGENERADOR DE PULSOS OPTICOS BASEADO EM AMPLIFICADORES OPTICOS A SEMICONDUTOR OPERANDO COM INJEÇÃO DE CORRENTE REALIMENTADA E SIMULTANEA", com-

5. preendendo empregar um amplificador óptico que amplifica o tamanho do pulso ao mesmo tempo em que corrige o formato do pulso óptico, sendo que desta técnica resultam dois efeitos: o aumento do tamanho do pulso pela amplificação e a correção de seu formato, ou seja, regeneração e reforma-
10. tação do pulso óptico.