

# Experiência 16: Chaveamento por Deslocamento de Fase (PSK)

---

## 1 OBJETIVO

- Examinar o método do modulador chaveamento por deslocamento de fase (PSK) e recuperar os dados para valores de deslocamento de fase arbitrários menores do que  $\pm 90^\circ$ .

## 2 MATERIAL NECESSÁRIO

- U-2970A Gerador de dados
- U-2970B Formato de dados
- U-2970C Modulador balanceado duplo
- U-2970D Deslocamento de fase da portadora
- U-2970E Oscilador Controlado por Tensão
- U-2970F Regenerador de clock de dados
- U-2970G Recuperador de dados
- U-2970H Receptor de dados
- U-2970K Módulo de áudio
- U-2970L Circuito de sintonia
- U-2970M Fonte de alimentação
- U-2970N Conjunto de cabos de alimentação
- Osciloscópio de 2 canais

**Observação:** Salvar todas as curvas obtidos no osciloscópio e tirar uma foto a cada montagem. Usar esses dados no relatório.

### 3 MÉTODO PARA MODULAÇÃO PSK

Chaveamento por deslocamento de fase (PSK) significa alterar a fase de um sinal de portadora (usualmente senoidal), em relação a uma fase de referência, de acordo com o sinal em banda base. PSK, com maior frequência do que o FSK, tem a vantagem que a variação de amplitude pode ser reprimida limitando-a. Isto também favorece a variação de ruído. Entretanto, torna-se mais susceptível a mudanças bruscas no atraso de transmissão de um canal tal como pode acontecer com rádio enlaces e os processos de modulação e demodulação tendem a ser mais complexos.

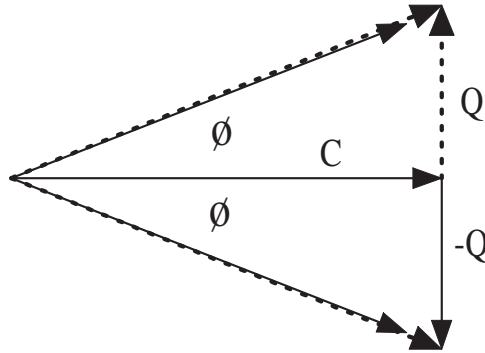


Figura 1: Diagrama de fasor do chaveamento por deslocamento de fase PSK.

A quantidade de deslocamento de fase pode ser de  $\pm 90^\circ$  para uma banda base binária (dois valores) ao qual o processo de modulação seja equivalente ao chaveamento por deslocamento de amplitude com portadora suprimida.

Neste experimento a modulação será obtida adicionando em uma portadora constante representada na figura 1 pelo fasor  $C$ , uma componente em quadratura representada por  $Q$  que pode ser revertida em fase para fornecer um sinal resultante de fase  $\pm \phi$ .

O método de demodulação deve reconstruir um equivalente de  $C$ , como uma fase de referência, em que a fase do sinal recebido possa ser comparado. Isto é facilmente feito se o formato dos dados é tal que os períodos dos sinais 0 e 1 ocorrem em um pequeno intervalo tal como o código bi-fase. Com isso, somente é necessário usar um PLL cujo a ação é lenta o suficiente para manter o oscilador no meio das duas fases dos sinais.

### 4 MODULAÇÃO PSK

1. Conectar o equipamento conforme mostrado na figura 2(a).
2. Notar que a forma de onda do dado bi-fase do módulo de formato de dados U-2970B sempre tem a mesma componente DC médio ao longo de um tempo de bit. Pode-se verificar isso medindo-se sua componente DC com um voltímetro. Por isso, a alimentação do capacitor do modulador pode rejeitar o nível DC e produzir iguais entradas positivas e negativas para o modulador apropriado. Cheque isto com o osciloscópio na entrada b.

3. Usar o osciloscópio para verificar que o U-2980D produz deslocamento de fase na forma de onda da portadora em mútua quadratura nas ligações 10 e 12. O controle de ganho associado pode ser girado totalmente no sentido horário e o controle de fase deve ser ajustado inicialmente para dar aproximadamente a mesma tensão de saída.
4. Estas duas tensões são alimentadas respectivamente por dois moduladores. O modulador inferior tem uma constante de nível DC como sua segunda saída, de modo que, sua saída corresponde ao fasor C na figura 1. O controle do nível DC controla a magnitude desta saída. Isto deve ser configurado para um valor positivo girando o controle no sentido horário. A ligação 10 fornece a portadora em quadratura que é invertida em fase como o sinal modulado (ligação 9) troca o sinal no terminal b.
5. A corrente de saída dos dois moduladores são combinadas na carga comum produzindo o sinal modulado em fase.
6. O sinal modulado em fase pode ser examinado da seguinte forma:
  - a) Aumentar a velocidade da base de tempo para  $2\mu s$  por divisão.
  - b) Sincronizar (usando a conexão do trigger externo por melhor conveniência) para portadora de  $1,28MHz$ , ligação 6, ao qual o canal CH1 também deve ser conectado.
  - c) Finalmente exibir a saída, ligação 14, no canal CH2.
7. Isto mostrará as duas fases sobrepostas na saída. A quantidade de modulação pode ser variada pelo ajuste no controle da fase. Isto deve ser configurado para menor do que  $\pm 90^\circ$ .
8. Deve-se observar o efeito da limitação da largura de banda na forma de onda da saída. Conectar o módulo do circuito sintonizado U-2970L nos terminais alto e baixo nas ligações 14 e 15 e girar para o sinal máximo. Note a tendência da amplitude e fase do sinal ao passar de estados de transição bastante prolongados, cada vez que os valores dos dados mudam.

## 5 DEMODULAÇÃO PSK

1. Sem mexer nos equipamentos já instalados (incluindo o osciloscópio) conectar o restante como mostrado na figura 2(b). As ligações 14 e 15 são os enlaces de comunicação e são, por conseguinte, as mesmas ligações 14 e 15 mostradas na figura 2(a).
2. Com o sinal na ligação 14, transferir o CH1 (mas não mudar o sync/trigger) para o módulo VCO, ligação 16. Deve-se observar a portadora recuperada do sinal pelo PLL. Isto irá variar um pouco em fase, mas não muito porque embora o circuito tenta bloquear a mudança de fase do sinal de entrada, esta ação é lenta.

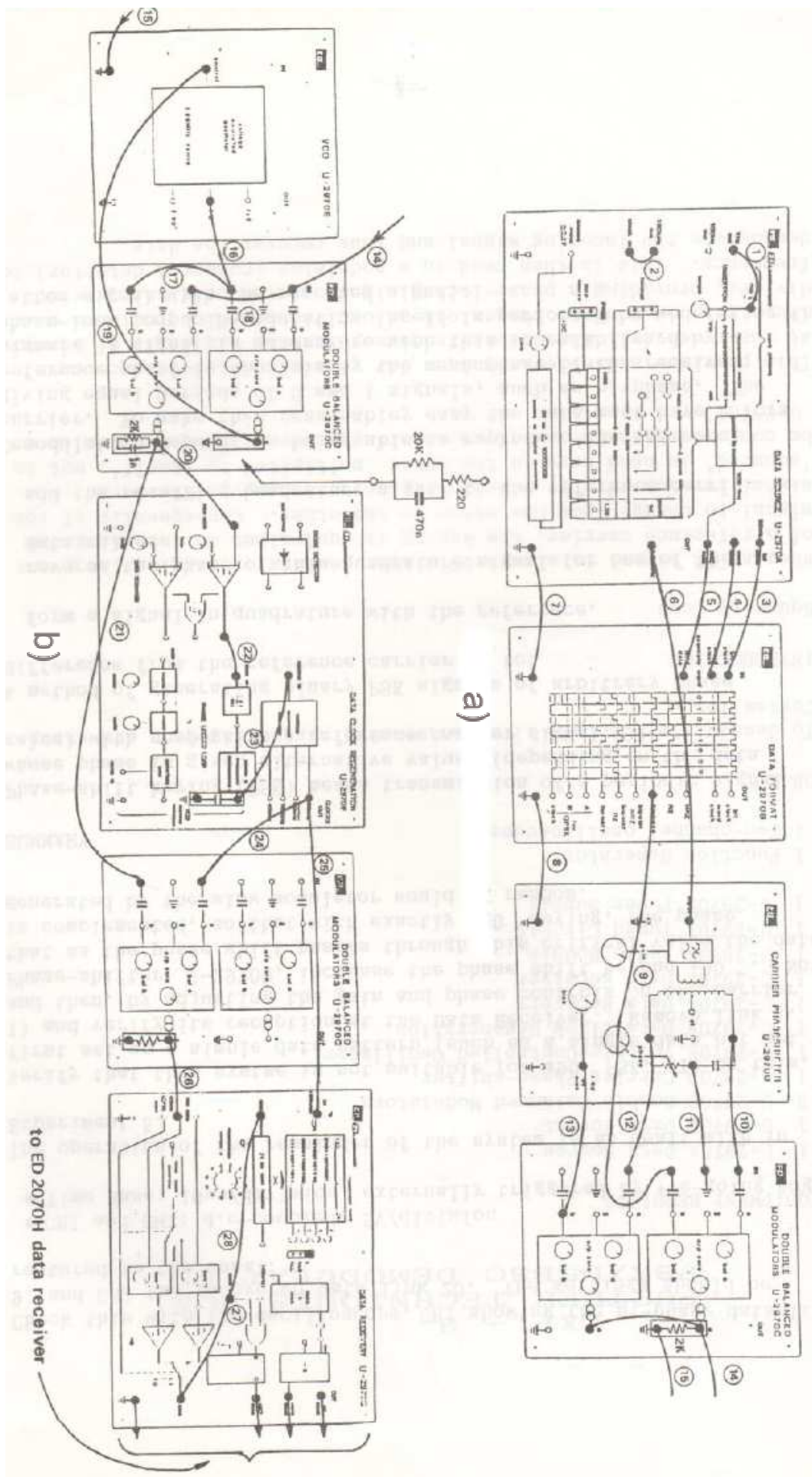


Figura 2: PSK. a) Transmissor PSK. b) Receptor PSK.

3. Observar que sua fase está em quadratura com a fase média do sinal recebido. As componentes em quadratura desse último (Q na figura 1) são portanto  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ . Uma senóide multiplicada por outro de mesma fase produz uma componente DC na saída:

$$2 \sin^2(wt) = 1 - \cos(2wt). \quad (1)$$

4. Quando um desses é atrasado de  $180^\circ$  esta componente muda de sinal. A saída do modulador nas ligações 20 e 21, portanto, contém componentes que representam os dados bi-fase originais. No capacitor de derivação passa mais as componentes de frequência  $2wt$ , mantendo a tensão de ripple pequena.
5. Checar isto com o osciloscópio, CH1 mostrando os dados bi-fase na ligação 9 e CH2 os dados recuperados na ligação 20. As configurações devem ser restauradas para o seguinte:
  - a) CH1 e CH2: acoplamento DC, 5V/divisão;
  - b) Base de tempo:  $10\mu s$ /divisão, triggered externamente pelos extremos  $\pm VE$
6. Verificar que este sistema não é adequado para PSK de  $\pm 90^\circ$ . Para fazer isto, primeiro configure um padrão de dados simples (tal como um simples conjunto de bits 1) e verificar sua recepção na recepção dos dados. Remover a ligação 1. E então, ajustando o controle de ganho e de fase no deslocamento de fase da portadora U-2970D, aumentar o deslocamento de fase acima de  $\pm 90^\circ$ . Observe que como o deslocamento de fase passa através deste valor crítico o dado é complementado de modo que ocorre o chaveamento de exatamente  $\pm 90^\circ$ , a geração de fase pelo modulador inferior varia de forma aleatória.

## 6 SUMÁRIO

Fazer o chaveamento por deslocamento de fase significa transmitir o sinal de um período cuja fase é dada por valores alternados (dependendo dos valores dos dados) respeitando o sinal de referência da portadora.

Uma forma de gerar o sinal PSK binário de diferentes fases arbitrárias da portadora de referência é: 1) formar um sinal em quadratura com a referência; 2) reverter a fase deste sinal em quadratura para um dos dois valores de dados; 3) adicionar o resultado do sinal em quadratura ao sinal de referência da portadora.

A demodulação depende da capacidade de reproduzir a referência da portadora. Para fazer isto facilmente os dados devem ter uma forma de igual período dos sinais 0 e 1 tal como o sinal bi-fase. A fase de referência é então simplificada pela fase média do sinal recebido. Um sinal em quadratura com este é estabelecido por um PLL. A própria demodulação é realizada pela modulação deste último sinal com o sinal recebido.