

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

DEE – Departamento de Engenharia Elétrica

DCO – Departamento de Comunicações

MSP430

Programação em C

Aula 2 – Módulo de Clock



Ministrantes: Danilo de Santana Pena;

José Lenival Gomes de França;

Leonardo Duarte de Albuquerque.

Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



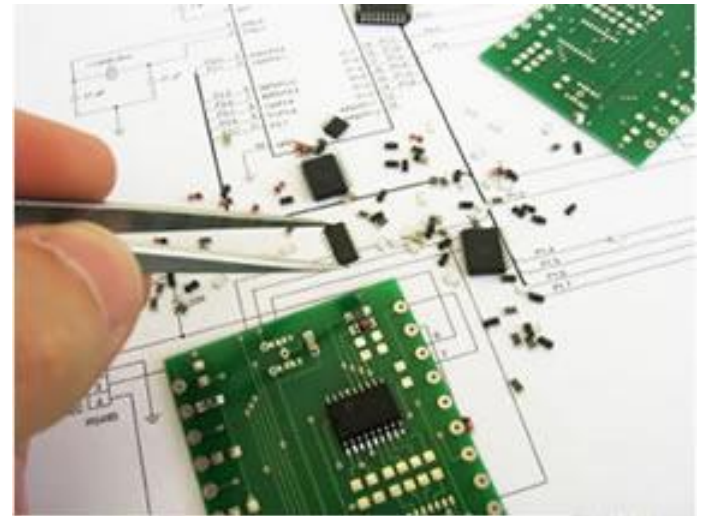
Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



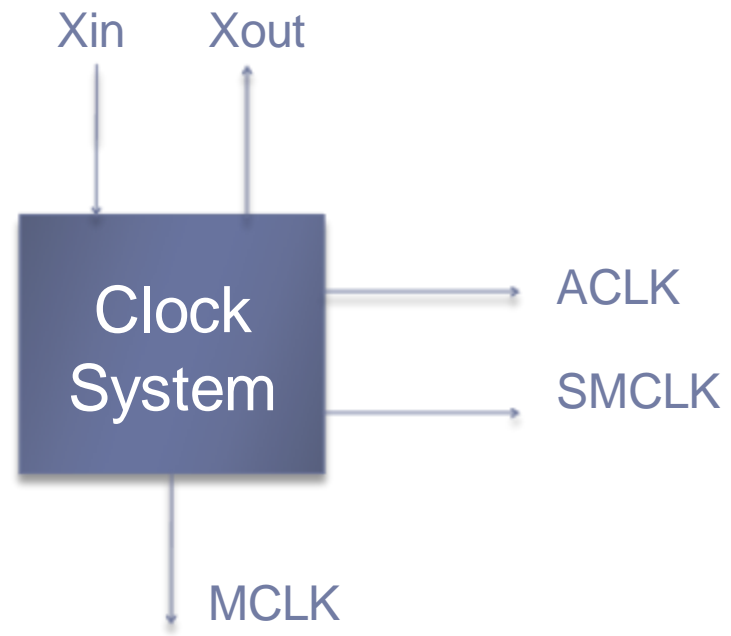
Sistemas de Clock

- ▶ Clock:
 - ▶ É um sinal usado para coordenar as ações de dois ou mais circuitos eletrônicos digitais síncronos.



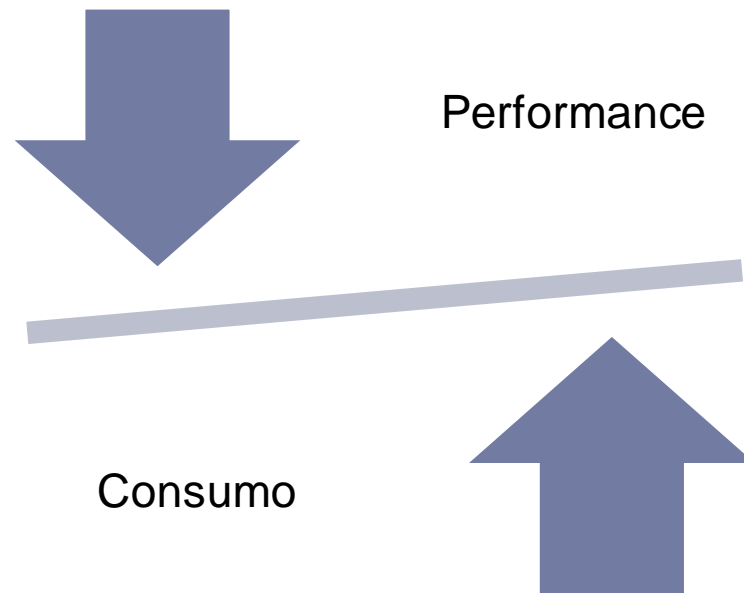
Sistemas de Clock

- ▶ O Basic Clock Module (BCM) é um módulo disponibiliza três sinais de clocks internos para os periféricos e a CPU.



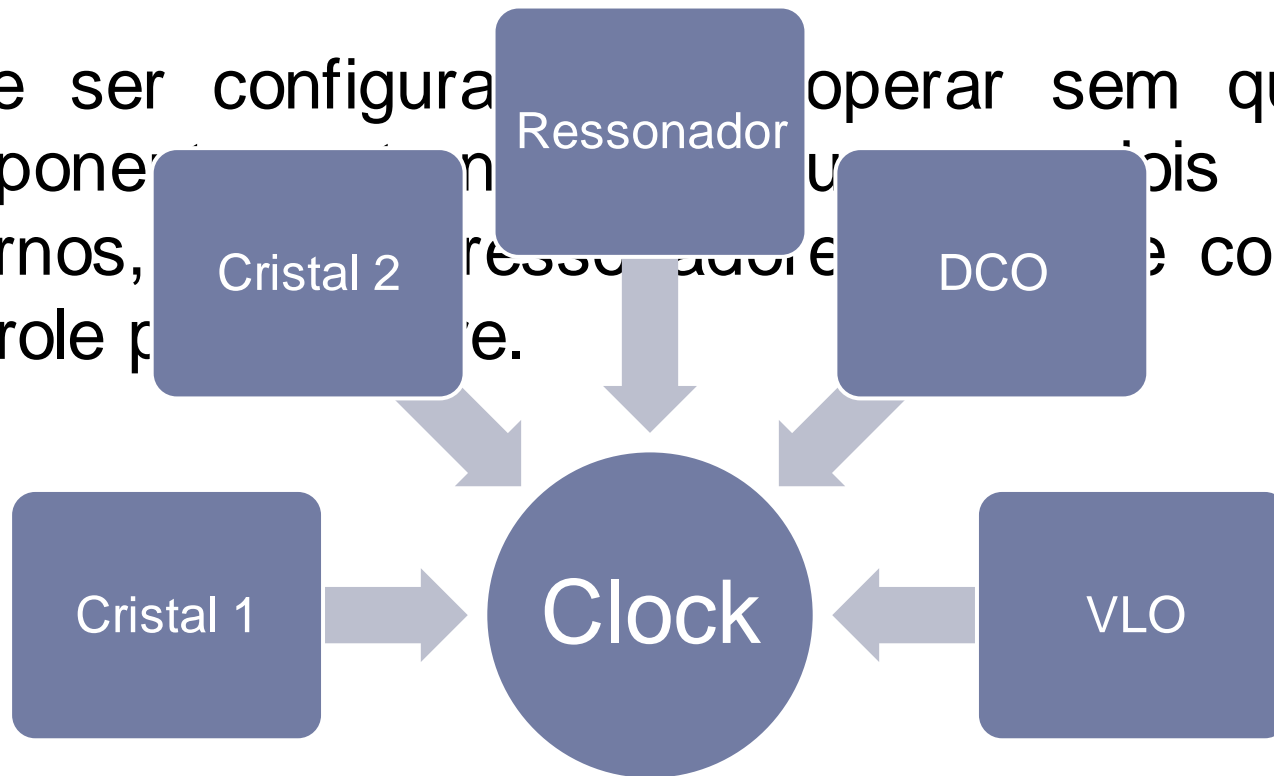
Sistemas de Clock

- ▶ O BCM permite que o programador faça o balanço entre performance e baixo consumo.



Sistemas de Clock

- Pode ser configurado para operar sem qualquer componente externo, com dois cristais externos, ou com um ressonador e um cristal externo, e com total controle por software.



Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.

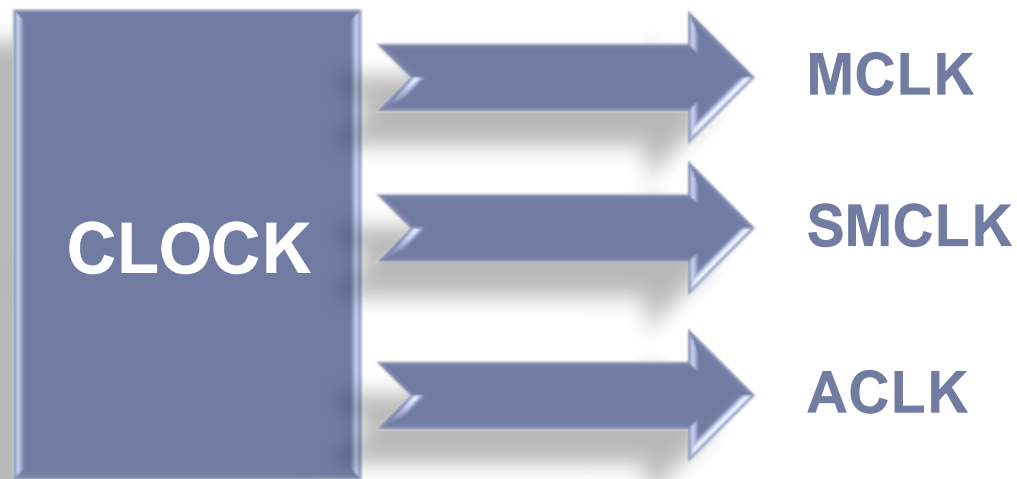


Fontes de Clock e sinais disponíveis

- ▶ O módulo BCM da família x2xx permite 3 ou 4 diferentes fontes de clocks, que são:
 - ▶ XT1CLK: Oscilador de baixa/alta frequência onde pode ser usado cristais, fonte externa de 32768 Hz, ressonadores ou fontes de clock externas na faixa de 400Hz a 16MHz;
 - ▶ XT2CLK: Oscilador opcional de alta frequência. Nem sempre presente em todas as famílias;
 - ▶ VLOCLK: Clock interno de muito baixo consumo (VLO Very Low Power) e baixa frequência, tipicamente 12 KHz;
 - ▶ DCOCLK: Oscilador interno digitalmente controlado (DCO).

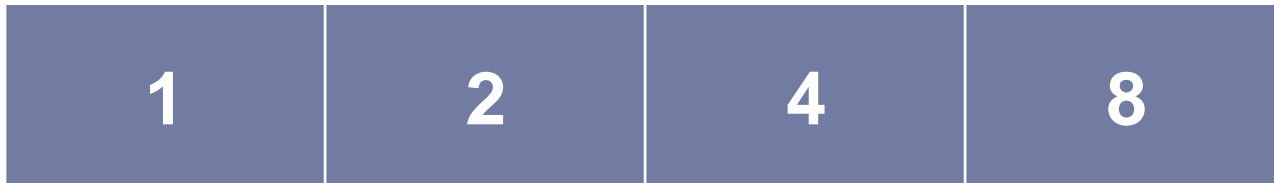
Fontes de Clock e sinais disponíveis

- ▶ Três sinais de clock são disponibilizados pelo BCM
 - ▶ MCLK – Sinal fornecido à CPU e alguns poucos periféricos;
 - ▶ SMCLK – Sinal usado nos periféricos em geral;
 - ▶ ACLK – Sinal Auxiliar aos periféricos.



Fontes de Clock e sinais disponíveis

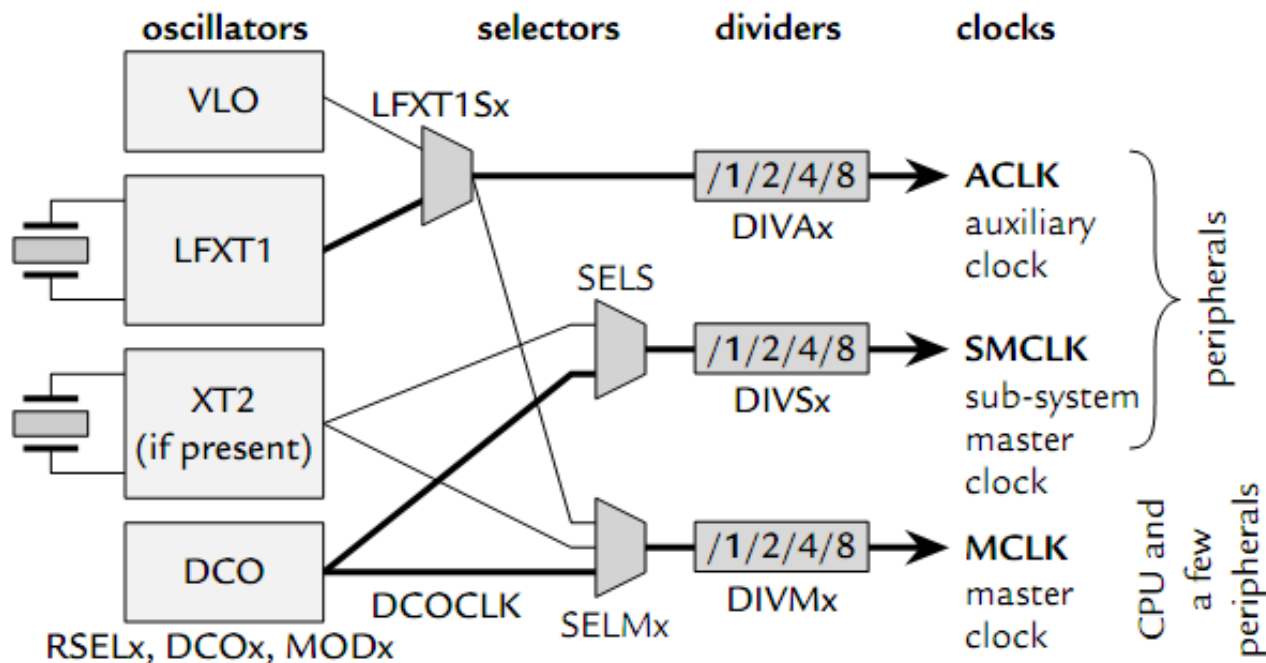
- ▶ Os três sinais são controlados por software e têm registradores individuais que permitem que a frequência seja dividida por 1, 2, 4 e 8;



- ▶ O controle dos clocks é feito através dos registradores DCOCTL, BCSCTL1, BCSCTL2 e BCSCTL3;

Fontes de Clock e sinais disponíveis

- ▶ O seguinte diagrama dá uma idéia superficial do BCM.



OBS.: Para um diagrama de blocos mais detalhado, checar datasheet.

Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ **Características e configurações do BCM;**
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



Características e configurações do BCM

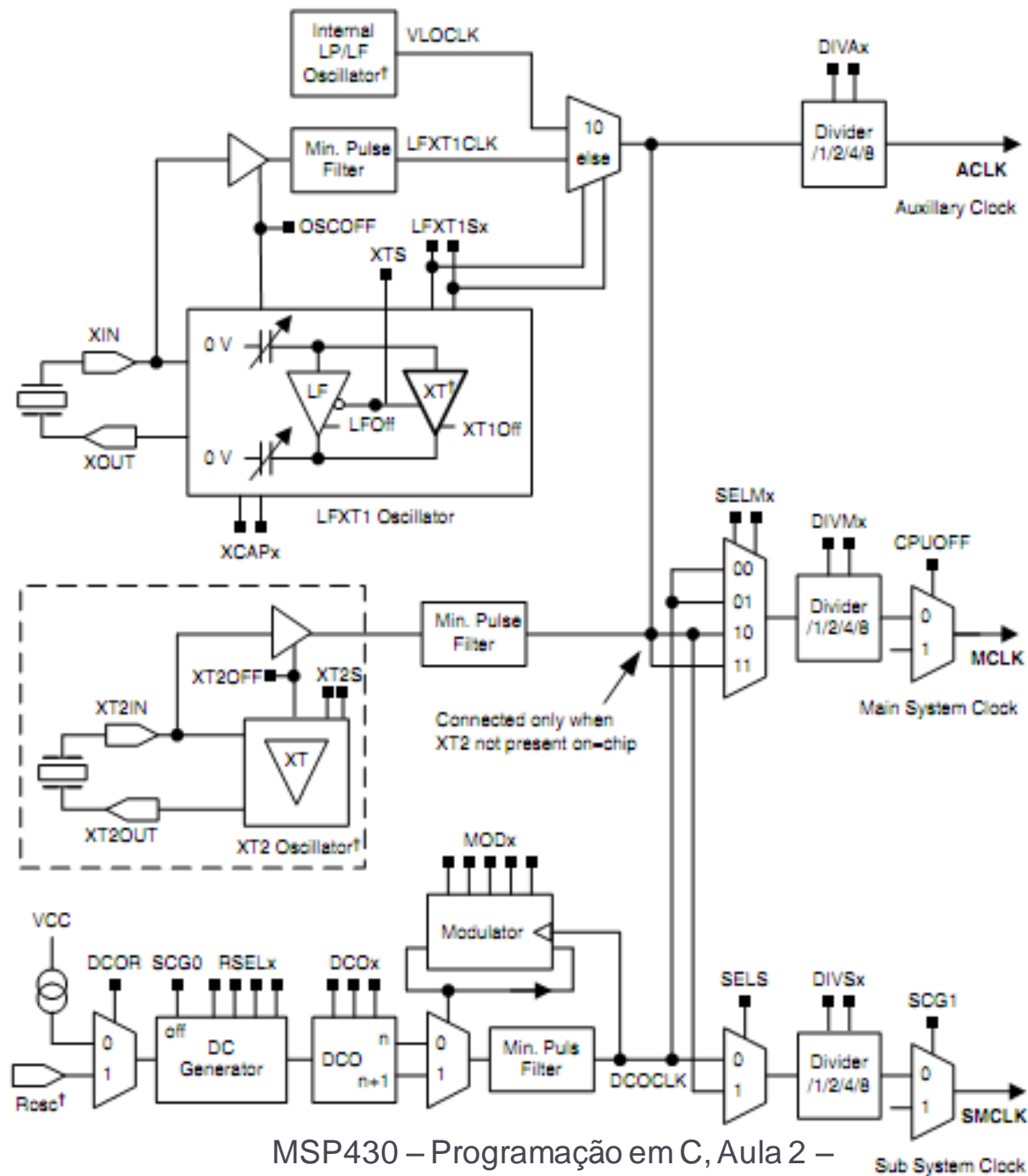
- ▶ Por default, após um PUC, MCLK e SMCLK são alimentados por DCO a uma frequência aproximadamente igual a 1.1 MHz, e ACLK por LFXT1CLK em LF mode com uma capacitância interna de 6pF, caso não exista cristal, o VLO será usado automaticamente.



Características e configurações do BCM

► Em geral:

- O VLO é utilizado para sincronia de módulos que não necessitem de um tempo preciso, apenas devem funcionar sincronizados entre si;
- O LFXT1CLK quando se precisa de acurácia em baixa ou alta frequência;
- O DCO quando não se tem um clock externo e quer se trabalhar a alta frequência , com uma boa acurácia e o desperdício de energia com o clock não será problema, mas não tanta acurácia quanto a de um cristal;
- Mais de um é utilizado, e pode só ser ligado quando necessário.



Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



Fontes de Clock

- ▶ VLO – Very Low-Frequency Oscilator;
- ▶ DCO – Digitally Controled Oscilator;
- ▶ LFXT1 Oscillator.



Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



VLO – Very Low-Frequency Oscillator

- ▶ Fonte interna de simples configuração, não permite calibração e muito sensível a variações de temperatura ou alimentação;
- ▶ O VLO é selecionado fazendo as flags $\text{LFXT1Sx} = 10$ e $\text{XTS} = 0$. É necessário resetar a flag de falha no oscilador $\text{OFIFG} = 0$ no SR;
- ▶ A flag OSCOFF desliga o VLO para LPM4;
- ▶ O oscilador LFXT1 é desabilitado quando VLO está ativo, diminuindo assim o consumo de corrente.

internal very low power, low frequency oscillator (VLO)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A	VCC	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{VLO} VLO frequency		-40-85°C	2.2 V/3 V	4	12	20	kHz
		105°C	2.2 V/3 V			22	
df_{VLO}/dT VLO frequency temperature drift	(see Note 1)	I: -40-85°C T: -40-105°C	2.2 V/3 V		0.5		%/°C
$df_{\text{VLO}}/dV_{\text{CC}}$ VLO frequency supply voltage drift	(see Note 2)	25°C	1.8V - 3.6V		4		%/V

Exemplo 01 para o G2231

```
#include <msp430g2231.h>
```

```
void main(void)
```

```
{  
    // Stop watchdog timer  
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;  
  
    // Clock setup:  
    // -----  
    // Low frequency mode ON  
    BCSCTL1 &= (~XTS);  
    // VLO --> MCLK  
    BCSCTL2 |= SELM_3;  
    // LFXT1 = VLO  
    BCSCTL3 |= LFXT1S_2;  
    // Clear OSCFault flag  
    IFG1 &= ~OFIFG;  
    // -----
```

```
    // Direção do PORT1
```

```
    P1DIR = BIT0;
```

```
    // Loop
```

```
    while(1)
```

```
    {
```

```
        //P1.0 = 1(BIT0) xor P1.0
```

```
        P1OUT ^= BIT0;
```

```
        // Delay
```

```
        __delay_cycles(12000);
```

```
    }
```

```
}
```


Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



DCO – Digitally-Controlled Oscillator

- ▶ Oscilador interno de frequência ajustável;
- ▶ Geralmente na faixa de 120 KHz a 20 MHz;
- ▶ A frequência é ajustada por software:
 - ▶ RSELx permite selecionar entre 16 valores nominais;
 - ▶ DCOx permite 8 variações de aproximadamente 10% na frequência nominal;
 - ▶ MODx permite um ajuste fino, geralmente feito com base num cristal ou outra fonte externa confiável;
 - ▶ Consultar o datasheet para informações a respeito dos bits MODx.
- ▶ Alguns micros já tem definidas em constantes a configuração para frequências de 1MHz, 2MHz, 8 MHz e 16MHz.

Exemplo 02 para o G2231

```
#include <msp430g2231.h>
```

```
void main(void)
```

```
{  
    // Stop watchdog timer  
    WDTCTL = WDTPW + WDTCTL;  
  
    // Clock setup:  
    // -----  
  
    // Set range  
    BCSCTL1 = CALBC1_1MHZ;  
    // Set DCO step + modulation  
    DCOCTL = CALDCO_1MHZ;  
    // -----
```

```
    // Direção do PORT1
```

```
    P1DIR = BIT0;
```

```
    // Loop
```

```
    while(1)
```

```
    {  
        //P1.0 = 1(BIT0) xor P1.0  
        P1OUT ^= BIT0;  
        // Delay  
        __delay_cycles(1000000);  
    }
```

```
}
```

Exemplo 03 para o G2231

```
#include <msp430g2231.h>
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
// Stop Watchdog Timer
```

```
WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;
```

```
// Clock setup:
```

```
// -----
```

```
//RSEL1+RSEL0=='00000010'+ '00000001'
```

```
BCSCTL1 |= RSEL1 + RSEL0;
```

```
// Set DCO step DCO1+DCO0=='01000000'+ '00100000'
```

```
DCOCTL |= DCO1 + DCO0;
```

```
// -----
```

```
// P1.6 outputs
```

```
P1DIR |= BIT6;
```

```
// Loop
```

```
while(1)
```

```
{
```

```
// P1.6 = 1 xor P1.6
```

```
P1OUT ^= BIT6;
```

```
// Delay
```

```
__delay_cycles(300000u);
```

```
}
```

```
}
```

Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



LFXT1 Oscillator

- ▶ É comumente usado em aplicações de baixas frequências ou para calibração do DCO;
- ▶ Alguns dispositivos também permitem fontes externas de alta frequência;
- ▶ É sempre necessário checar algumas configurações do oscilador externo e algumas internas ao MCU como:
 - ▶ Valores de capacitâncias, impedâncias, modo de operação do LFXTT1 (Alta ou Baixa frequência), tensão de alimentação e função dos pinos P2.6&7.

Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.



Exemplo de configuração para LF

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	V _{CC}	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{LFXT1,LF}	LFXT1 oscillator crystal frequency, LF mode 0, 1	XTS = 0, LFXT1Sx = 0 or 1	1.8 V to 3.6 V	32768			Hz
f _{LFXT1,LF,logic}	LFXT1 oscillator logic level square wave input frequency, LF mode	XTS = 0, XCAPx = 0, LFXT1Sx = 3	1.8 V to 3.6 V	10000	32768	50000	Hz
OA _{LF}	Oscillation allowance for LF crystals	XTS = 0, LFXT1Sx = 0, f _{LFXT1,LF} = 32768 Hz, C _{L,eff} = 6 pF		500			kΩ
		XTS = 0, LFXT1Sx = 0, f _{LFXT1,LF} = 32768 Hz, C _{L,eff} = 12 pF		200			
C _{L,eff}	Integrated effective load capacitance, LF mode ⁽²⁾	XTS = 0, XCAPx = 0		1			pF
		XTS = 0, XCAPx = 1		5.5			
		XTS = 0, XCAPx = 2		8.5			
		XTS = 0, XCAPx = 3		11			
Duty cycle	LF mode	XTS = 0, Measured at P2.0/ACLK, f _{LFXT1,LF} = 32768 Hz	2.2 V	30	50	70	%
f _{Fault,LF}	Oscillator fault frequency, LF mode ⁽³⁾	XTS = 0, XCAPx = 0, LFXT1Sx = 3 ⁽⁴⁾	2.2 V	10		10000	Hz

Conteúdo da Apresentação

- ✓ Sistemas de Clock;
- ✓ Fontes de Clock e sinais disponíveis;
- ✓ Características e configurações do BCM;
- ✓ Fontes de Clock;
- ✓ VLO – Very Low-Frequency Oscillator;
- ✓ DCO – Digitally Controlled Oscillator;
- ✓ LFXT1 Oscillator;
- ✓ Exemplo de Configuração para LF;
- ✓ Exemplo de Configuração para HF.

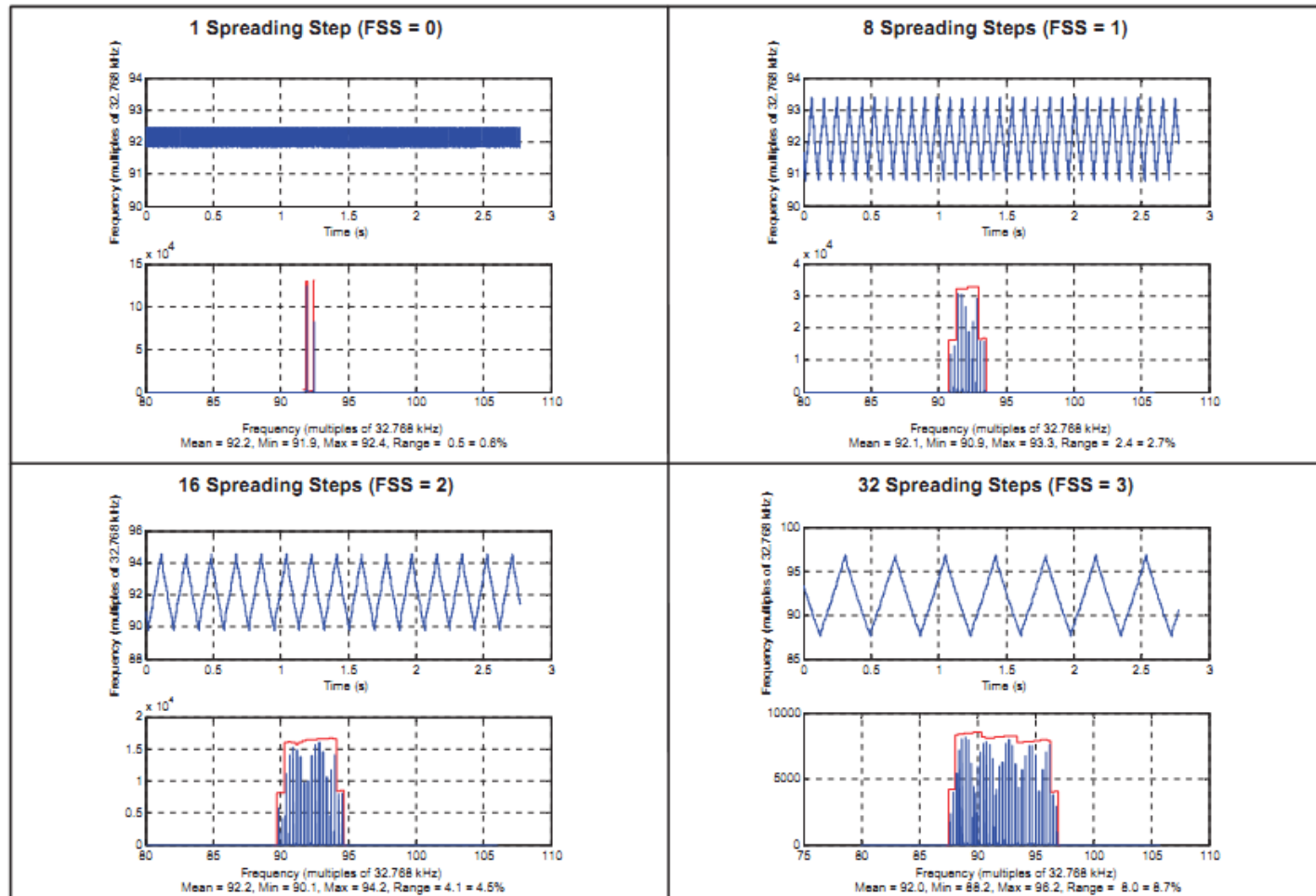


Exemplo de configuração para HF

PARAMETER		TEST CONDITIONS	V _{CC}	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{LFXT1,HF0}	LFXT1 oscillator crystal frequency, HF mode 0	XTS = 1, LFXT1Sx = 0	1.8 V to 3.6 V	0.4		1	MHz
f _{LFXT1,HF1}	LFXT1 oscillator crystal frequency, HF mode 1	XTS = 1, LFXT1Sx = 1	1.8 V to 3.6 V	1		4	MHz
f _{LFXT1,HF2}	LFXT1 oscillator crystal frequency, HF mode 2	XTS = 1, LFXT1Sx = 2	1.8 V to 3.6 V	2		10	MHz
			2.2 V to 3.6 V	2		12	
			3.0 V to 3.6 V	2		16	
f _{LFXT1,HF,logic}	LFXT1 oscillator logic level square-wave input frequency, HF mode	XTS = 1, LFXT1Sx = 3	1.8 V to 3.6 V	0.4		10	MHz
			2.2 V to 3.6 V	0.4		12	
			3.0 V to 3.6 V	0.4		16	
OA _{HF}	Oscillation allowance for HF crystals (see Figure 18 and Figure 19)	XTS = 0, LFXT1Sx = 0, f _{LFXT1,HF} = 1 MHz, C _{L,eff} = 15 pF		2700			Ω
		XTS = 0, LFXT1Sx = 1 f _{LFXT1,HF} = 4 MHz, C _{L,eff} = 15 pF		800			
		XTS = 0, LFXT1Sx = 2 f _{LFXT1,HF} = 16 MHz, C _{L,eff} = 15 pF		300			
C _{L,eff}	Integrated effective load capacitance, HF mode (see Note 1)	XTS = 1 (see Note 2)		1			pF
Duty Cycle	HF mode	XTS = 1, Measured at P1.4/ACLK, f _{LFXT1,HF} = 10 MHz	2.2 V/3 V	40	50	60	%
		XTS = 1, Measured at P1.4/ACLK, f _{LFXT1,HF} = 16 MHz	2.2 V/3 V	40	50	60	
f _{Fault,HF}	Oscillator fault frequency, HF mode (see Note 4)	XTS = 1, LFXT1Sx = 3 (see Notes 3)	2.2 V/3 V	30		300	kHz

Aplicações

- Spread-Spectrum



“- Computador: Um dispositivo projetado para acelerar e automatizar erros.”

Obrigado!!!

Autor desconhecido.