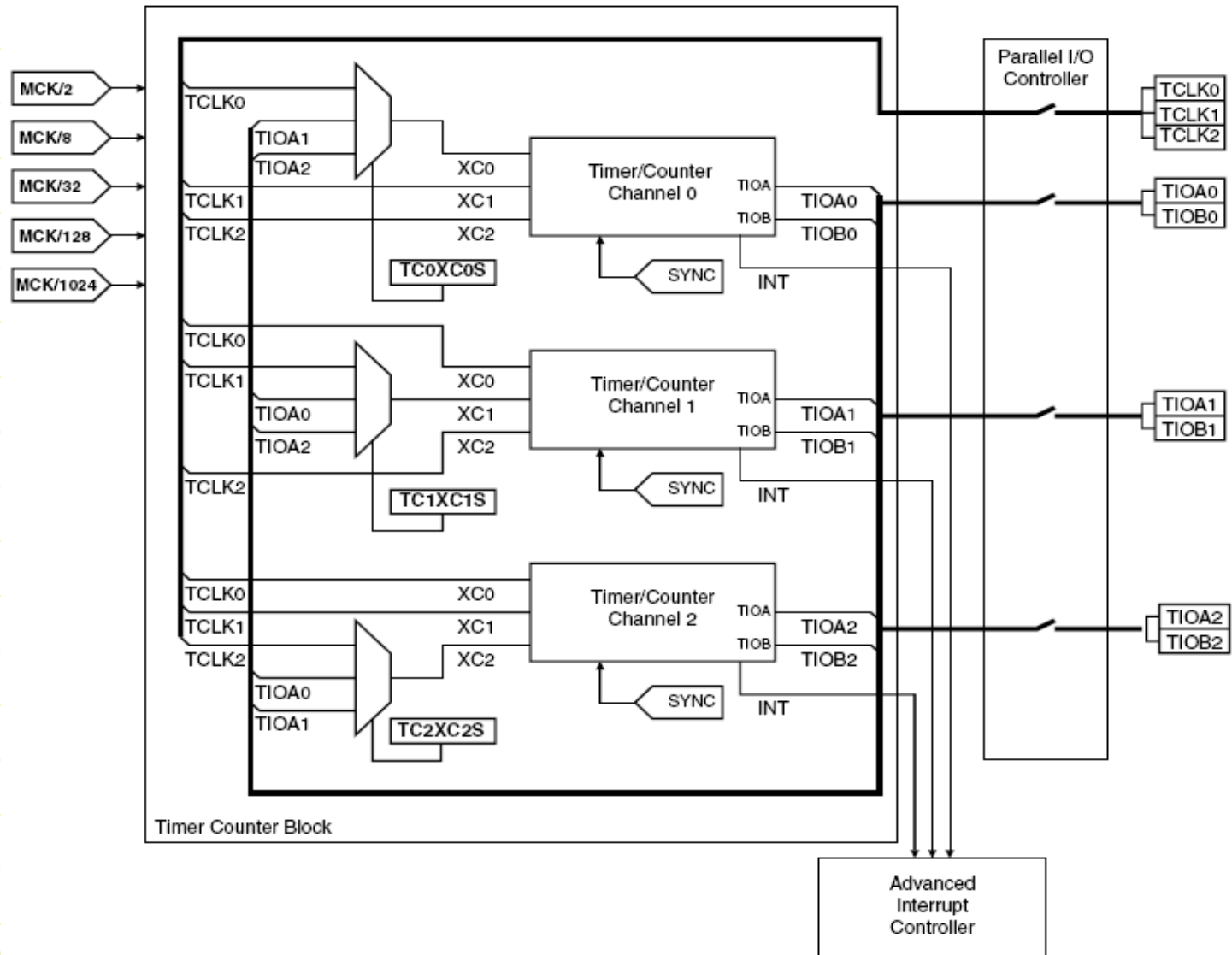


Χρονιστές (Timers)

Γ.Κορνάρος – Κ. Χαρτερός

Χρονιστές / Μετρητές : Διάγραμμα



Συνοπτικά

- 3 ίδιοι : 16-bit timer counter channels
- Λειτουργίες:
 - ✓ frequency measurement, event counting, interval measurement, pulse generation, delay timing, pulse width modulation and interrupt generation
- Κάθε κανάλι του Timer Counter έχει:
 - ✓ 3 external clock inputs,
 - ✓ 5 internal clock inputs, and
 - ✓ 2 multi purpose input/output signals
- Η τιμή του μετρητή αυξάνεται σε κάθε θετική ακμή του ρολογιού που έχει επιλεγεί.
- Όταν ο μετρητής φτάσει την τιμή 0xFFFF και περάσει στην 0x0000, προκαλείται υπερχείλιση και τίθεται το bit COVFS στον καταχωρητή TCx_SR (Status Register)

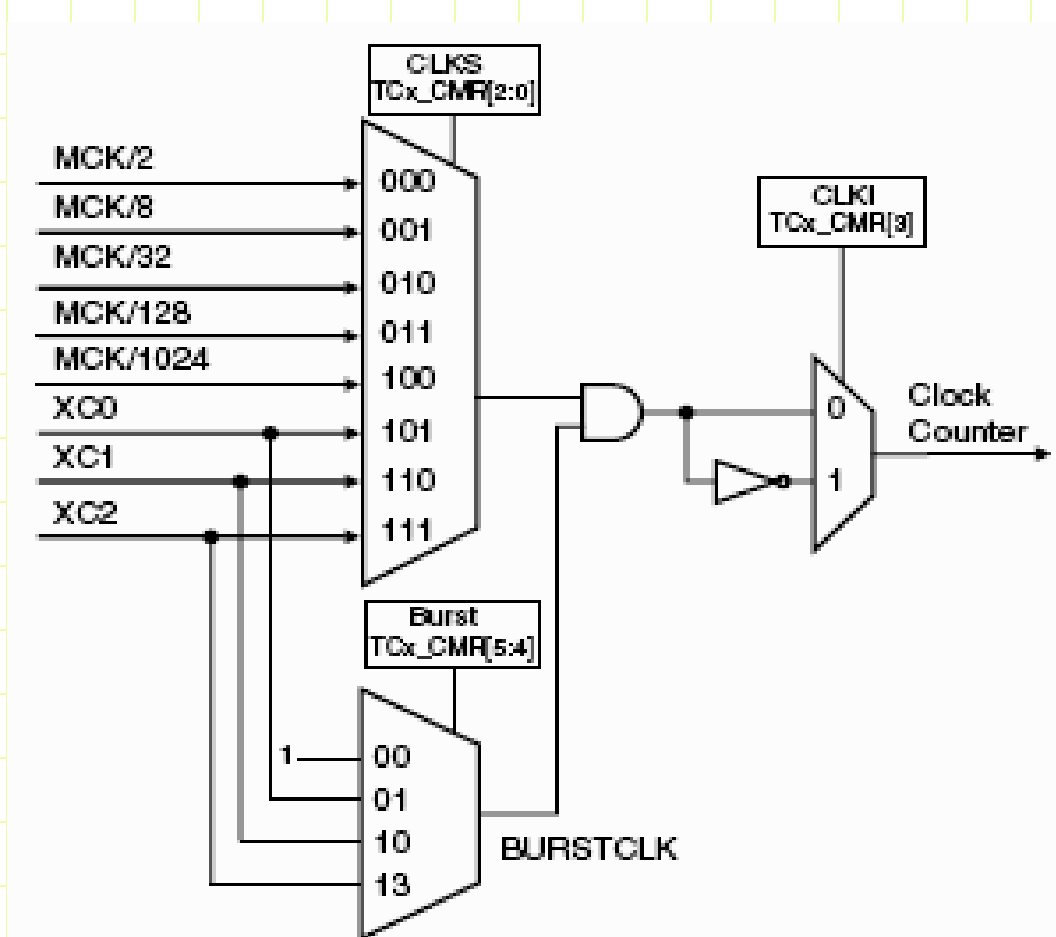
Modes Λειτουργίας

- Each Timer Counter channel can operate independently in two different modes:
 - ✓ Capture Mode allows measurement on signals
 - ✓ Waveform Mode allows wave generation
- Προγραμματίζεται μέσω του WAVE bit in the TC Channel Mode Register (TCx_CMR)
- Σε Capture Mode, τα TIOA and TIOB ρυθμίζονται ως είσοδοι

Trigger

- Ένα trigger προκαλεί reset στον μετρητή και ξεκινάει το ρολόι του μετρητή.
- Τρεις τύποι triggers είναι κοινοί και στα δύο modes.
- Ένα τέταρτο εξωτερικό trigger είναι διαθέσιμο σε κάθε mode.

Πηγές ρολογιού



Μέγιστη διάρκεια Μετρητή για διάφορα MCK

- Μέγιστη διάρκεια του μετρητή (seconds) = $2^{16} / FTC$, where FTC is in Hz.
- Ανάλυση – ακρίβεια μετρητή = $1 / FTC$

MCK	5 MHz	10 MHz	20 MHz	33 MHz	66 MHz
MCK/2	26.21ms	13.10ms	6.55ms	3.97ms	1.98ms
MCK/8	104.8ms	52.4ms	26.22ms	14.89ms	7.45ms
MCK/16	419.4ms	209.7ms	104.86ms	63.86ms	31.98ms
MCK/128	1.68s	838.8ms	420.4ms	254.2ms	127.1ms
MCK/1024	13.42s	6.71s	3.36ms	2.03s	1.02s

Ρυθμίσεις Μετρητών

- Ο RC (Καταχωρητής Σύγκρισης) μπορεί να γεννήσει ένα trigger αν το bit CPCTRG στον Καταχωρητή TC Mode Register γίνει 1.
- A trigger resets the counter so that RC can control the timer period needed.
- The Master Clock MCK on the AT91EB40A Evaluation Board is 66 MHz.
- In an application, the required compare register values must be calculated using the following equation:

$$\text{Compare Value} = (t \times \text{FTC}) - 1$$

- Όπου:

t = desired timer compare period (second)

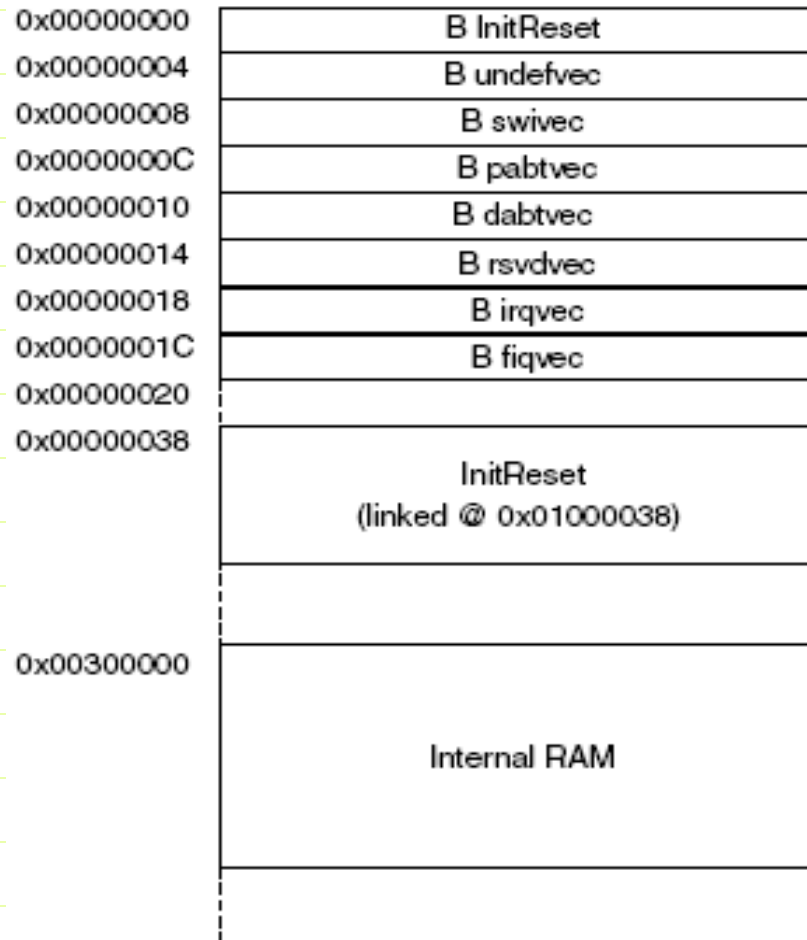
FTC = timer clock frequency(Hertz)

- Compare register RC:

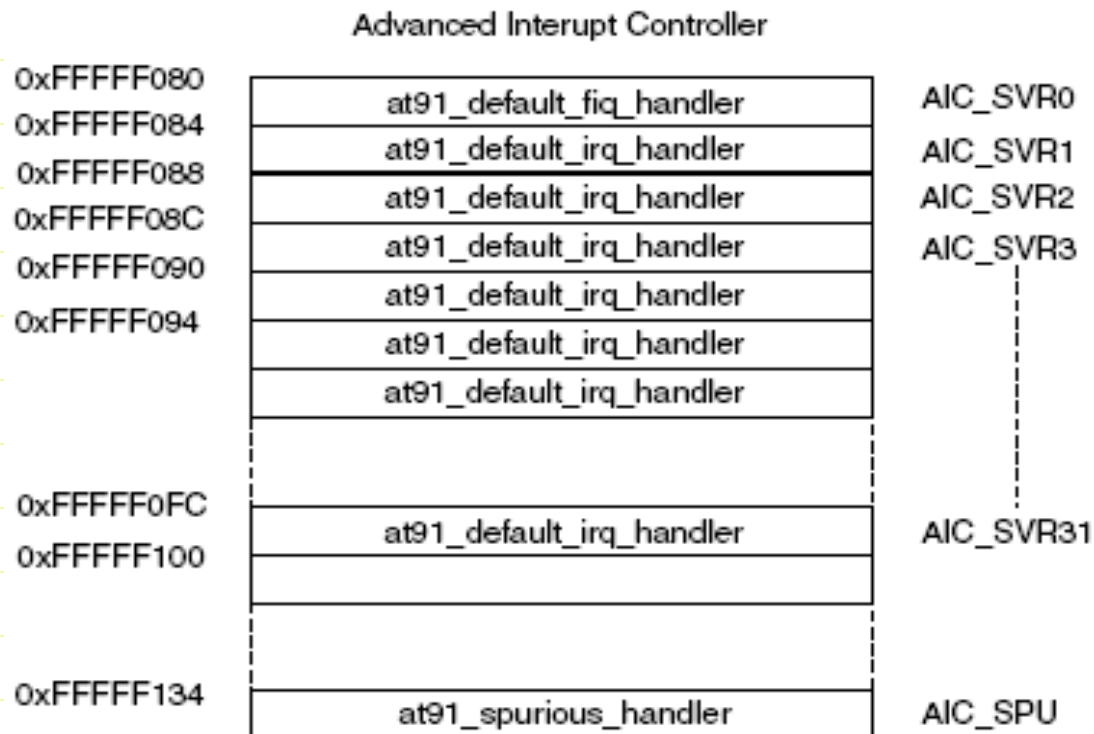
$$\text{RC} = (t \times \text{FTC}) - 1$$

$$\Rightarrow \text{RC} = \left(1 \times \frac{66000000}{1024} \right) - 1 = 64453 = 0xFBC5$$

Απεικόνιση των Exception Vectors



Interrupt Default Handler Initialization



Χειρισμός σε C

- `#define TC1_CCR ((volatile unsigned int *) 0xFFFE0040)`
- `#define TC1_CMR ((volatile unsigned int *) 0xFFFE0044)`
- `#define TC1_RC ((volatile unsigned int *) 0xFFFE005C)`
- `#define TC1_SR ((volatile unsigned int *) 0xFFFE0060)`
- `#define TC1_IER ((volatile unsigned int *) 0xFFFE0064)`
- `#define TC1_IDR ((volatile unsigned int *) 0xFFFE0068)`
- `#define PIO_PER ((volatile unsigned int *) 0xFFFF0000)`
- `#define PIO_OER ((volatile unsigned int *) 0xFFFF0010)`
- `#define PIO_SODR ((volatile unsigned int *) 0xFFFF0030)`
- `#define PIO_CODR ((volatile unsigned int *) 0xFFFF0034)`
- `#define PIO_PDSR ((volatile unsigned int *) 0xFFFF003C)`
- `#define AIC_SMR5 ((volatile unsigned int *) 0xFFFFF014)`
- `#define AIC_SVR5 ((volatile unsigned int *) 0xFFFFF094)`
- `#define AIC_IECR ((volatile unsigned int *) 0xFFFFF120)`
- `#define AIC_IDCR ((volatile unsigned int *) 0xFFFFF124)`
- `#define AIC_ICCR ((volatile unsigned int *) 0xFFFFF128)`
- `#define TC1_ID 5 /* Timer Channel 1 interrupt */`
- `/* TC_CMR: Timer Counter Channel Mode Register Bits Definition`

Χειρισμός σε C (2)

- `#define LED8 (1<<6)`
- `while (1)`
 - {
 - `*PIO_CODR = LED1 ;`
 - `delay();`
 - `*PIO_SODR = LED1 ;`
 - `delay();`
 - }

Δήλωση Μετρητών σε C (AT91R40008.h)

```
// *****  
//          SOFTWARE API DEFINITION FOR Timer Counter Channel Interface  
// *****  
typedef struct _AT91S_TC {  
    AT91_REG    TC_CCR;        // Channel Control Register  
    AT91_REG    TC_CMR;        // Channel Mode Register  
    AT91_REG    Reserved0[2]; //  
    AT91_REG    TC_CV;        // Counter Value  
    AT91_REG    TC_RA;        // Register A  
    AT91_REG    TC_RB;        // Register B  
    AT91_REG    TC_RC;        // Register C  
    AT91_REG    TC_SR;        // Status Register  
    AT91_REG    TC_IER;       // Interrupt Enable Register  
    AT91_REG    TC_IDR;       // Interrupt Disable Register  
    AT91_REG    TC_IMR;       // Interrupt Mask Register  
} AT91S_TC, *AT91PS_TC;
```

Δηλώσεις καταχωρητών

- Καταχωρητής Κατάστασης, λειτουργίες συγκεκριμένων bit:

```
// ----- TC_SR : (TC Offset: 0x20) TC Channel Status Register -----
#define AT91C_TC_COVFS      ((unsigned int) 0x1 << 0) // (TC) Counter Overflow
#define AT91C_TC_LOURS      ((unsigned int) 0x1 << 1) // (TC) Load Overrun
#define AT91C_TC_CPAS       ((unsigned int) 0x1 << 2) // (TC) RA Compare
#define AT91C_TC_CPBS       ((unsigned int) 0x1 << 3) // (TC) RB Compare
#define AT91C_TC_CPCS       ((unsigned int) 0x1 << 4) // (TC) RC Compare
#define AT91C_TC_LDRAS      ((unsigned int) 0x1 << 5) // (TC) RA Loading
#define AT91C_TC_LDRBS      ((unsigned int) 0x1 << 6) // (TC) RB Loading
#define AT91C_TC_ETRCS      ((unsigned int) 0x1 << 7) // (TC) External Trigger
#define AT91C_TC_ETRGS      ((unsigned int) 0x1 << 16) // (TC) Clock Enabling
#define AT91C_TC_MTIOA      ((unsigned int) 0x1 << 17) // (TC) TIOA Mirror
#define AT91C_TC_MTIOB      ((unsigned int) 0x1 << 18) // (TC) TIOA Mirror

// ----- TC_CCR : (TC Offset: 0x0) TC Channel Control Register -----
#define AT91C_TC_CLKEN      ((unsigned int) 0x1 << 0) // (TC) Counter Clock Enable Command
#define AT91C_TC_CLKDIS     ((unsigned int) 0x1 << 1) // (TC) Counter Clock Disable Command
#define AT91C_TC_SWTRG      ((unsigned int) 0x1 << 2) // (TC) Software Trigger Command
// ----- TC_CMR : (TC Offset: 0x4) TC Channel Mode Register: Capture Mode / Waveform Mode -----
#define AT91C_TC_CPCSTOP    ((unsigned int) 0x1 << 6) // (TC) Counter Clock Stopped with RC Compare
#define AT91C_TC_CPCDIS     ((unsigned int) 0x1 << 7) // (TC) Counter Clock Disable with RC Compare
#define AT91C_TC_EEVTEDG    ((unsigned int) 0x3 << 8) // (TC) External Event Edge Selection
```

Παράδειγμα αρχικοποίησης χρησιμοποιώντας τον RC

- `/** Generate interrupt by software`
- `// AT91F_AIC_Trig (AT91C_BASE_AIC,AT91C_ID_TC0);`

- `/** Νέα αρχικοποίηση`
- `/** Start timer0`
- `AT91C_BASE_TC0->TC_CCR = AT91C_TC_SWTRG;`
- `AT91C_BASE_TC0->TC_CCR = AT91C_TC_CLKEN;`
- `AT91C_BASE_TC0->TC_CMR = TC_CLKS_MCK1024 |`
`AT91C_TC_CPCTR;`
- `AT91C_BASE_TC0->TC_RC = 0x3000; //0xFBC5;`
- `AT91C_BASE_TC0->TC_IER = AT91C_TC_CPCS;`