



دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

بسمه تعالی

خلاصه‌ای از

اطلاعات

میکروکنترلر ATmega16

سال ۱۳۹۷

ریزپردازنده ۱

محمد مهدی همایون پور



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دستورالعمل‌ها

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ADD	Rd, Rr	Add without Carry	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,S,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,S,H	1
ADIW ⁽¹⁾	Rd, K	Add Immediate to Word	$Rd \leftarrow Rd + 1:Rd + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract without Carry	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,S,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Immediate	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,S,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,S,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract Immediate with Carry	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,S,H	1
SBIW ⁽¹⁾	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$Rd + 1:Rd \leftarrow Rd + 1:Rd - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rr$	Z,N,V,S	1
ANDI	Rd, K	Logical AND with Immediate	$Rd \leftarrow Rd \cdot K$	Z,N,V,S	1
OR	Rd, Rr	Logical OR	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V,S	1
ORI	Rd, K	Logical OR with Immediate	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V,S	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V,S	1

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \$FF - Rd$	Z,C,N,V,S	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \$00 - Rd$	Z,C,N,V,S,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V,S	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \cdot (\$FFh - K)$	Z,N,V,S	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V,S	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V,S	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rd$	Z,N,V,S	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V,S	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \$FF$	None	1
MUL ⁽¹⁾	Rd,Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (UU)	Z,C	2
MULS ⁽¹⁾	Rd,Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (SS)	Z,C	2
MULSU ⁽¹⁾	Rd,Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (SU)	Z,C	2
FMUL ⁽¹⁾	Rd,Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr \ll 1$ (UU)	Z,C	2
FMULS ⁽¹⁾	Rd,Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr \ll 1$ (SS)	Z,C	2
FMULSU ⁽¹⁾	Rd,Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr \ll 1$ (SU)	Z,C	2
DES	K	Data Encryption	if (H = 0) then $R15:R0 \leftarrow \text{Encrypt}(R15:R0, K)$ else if (H = 1) then $R15:R0 \leftarrow \text{Decrypt}(R15:R0, K)$		

ادامه مجموعه دستورالعمل‌های عملیات حسابی و منطقی در میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR (ادامه)

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks	#Clocks-XMEGA
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2	
IJMP ⁽¹⁾		Indirect Jump to (Z)	$PC(15:0) \leftarrow Z$ $PC(21:16) \leftarrow 0$	None	2	
EIJMP ⁽¹⁾		Extended Indirect Jump to (Z)	$PC(15:0) \leftarrow Z$ $PC(21:16) \leftarrow EIND$	None	2	
JMP ⁽¹⁾	k	Jump	$PC \leftarrow k$	None	3	
RCALL	k	Relative Call Subroutine	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3/4 ⁽³⁾ (5)	2/3 ⁽³⁾
ICALL ⁽¹⁾		Indirect Call to (Z)	$PC(15:0) \leftarrow Z$, $PC(21:16) \leftarrow 0$	None	3/4 ⁽³⁾	2/3 ⁽³⁾
EICALL ⁽¹⁾		Extended Indirect Call to (Z)	$PC(15:0) \leftarrow Z$, $PC(21:16) \leftarrow EIND$	None	4 ⁽³⁾	3 ⁽³⁾
CALL ⁽¹⁾	k	call Subroutine	$PC \leftarrow k$	None	4 / 5 ⁽³⁾	3/4 ⁽³⁾
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4 / 5 ⁽³⁾	
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4 / 5 ⁽³⁾	
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3	
CP	Rd,Rr	Compare	Rd - Rr	Z,C,N,V,S,H	1	
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd - Rr - C	Z,C,N,V,S,H	1	
CPI	Rd,K	Compare with Immediate	Rd - K	Z,C,N,V,S,H	1	
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b) = 0) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3	
SBRs	Rr, b	Skip if Bit in Register Set	if (Rr(b) = 1) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3	
SBIC	A, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (I/O(A,b) = 0) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3	2/3/4
SBIS	A, b	Skip if Bit in I/O Register Set	If (I/O(A,b) =1) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3	2/3/4
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	½	

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N \oplus V = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRLT	k	Branch if Less Than, Signed	if (N \oplus V = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC \leftarrow PC + k + 1	None	$\frac{1}{2}$

ادامه مجموعه دستورالعمل‌های انشعاب در میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR (ادامه)

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks	#Clocks XMEGA
MOV	Rd, Rr	Copy Register	$Rd \leftarrow Rr$	None	1	
MOVW ⁽¹⁾	Rd, Rr	Copy Register Pair	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1	
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1	
LDS ⁽¹⁾	Rd, k	Load Direct from data space	$Rd \leftarrow (k)$	None	$1^{(5)}/2^{(3)}$	$2^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	$1^{(5)}/2^{(3)}$	$1^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, X+	Load Indirect and Post-Increment	$Rd \leftarrow (x)$ $X \leftarrow X+1$	None	$2^{(3)}$	$1^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Decrement	$X \leftarrow X - 1,$ $Rd \leftarrow (X)$	None	$2^{(3)}/3^{(5)}$	$2^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	$1^{(5)}/2^{(3)}$	$1^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Increment	$Rd \leftarrow (Y)$ $Y \leftarrow Y+1$	None	$2^{(3)}$	$1^{(3)}/4^{(4)}$
LD ⁽²⁾	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Decrement Y	$Y \leftarrow Y-1$ $Rd \leftarrow (Y)$	None	$2^{(3)}/3^{(5)}$	$2^{(3)}/4^{(4)}$
LDD ⁽¹⁾	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y + q)$	None	$2^{(3)}$	$2^{(3)}/4^{(4)}$

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

LD ⁽²⁾	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾ (4)
LD ⁽²⁾	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Increment	$Rd \leftarrow (Z)$ $Z \leftarrow Z+1$	None	2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾ (4)
LD ⁽²⁾	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Decrement	$Z \leftarrow Z-1$ $Rd \leftarrow (Z)$	None	2 ⁽³⁾ /3 ⁽⁵⁾	2 ⁽³⁾ (4)
LDD ⁽¹⁾	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z + q)$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾ (4)
STS ⁽¹⁾	k, Rr	Store Direct to Data Space	$(k) \leftarrow Rr$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	X, Rr	Store Indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	X+, Rr	Store Indirect and Post-Increment	$(X) \leftarrow Rr$ $X \leftarrow X+1$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Decrement	$X \leftarrow X-1$ $(X) \leftarrow Rr$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	Y, Rr	Store Indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Increment	$(Y) \leftarrow Rr$ $Y \leftarrow Y+1$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Decrement	$Y \leftarrow Y-1$ $(Y) \leftarrow Rr$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
STD ⁽¹⁾	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y + q) \leftarrow Rr$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	Z, Rr	Store Indirec	$(Z) \leftarrow Rr$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

ST ⁽²⁾	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Increment	$(Z) \leftarrow Rr$ $Z \leftarrow Z+1$	None	1 ⁽⁵⁾ /2 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾
ST ⁽²⁾	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Decrement	$Z \leftarrow Z-1$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
STD ⁽¹⁾	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z + q) \leftarrow Rr$	None	2 ⁽³⁾	2 ⁽³⁾
LP ^{(1) (2)}		Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3	3
LPM ^{(1) (2)}	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3	3
LPM ^{(1) (2)}	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Increment	$Rr \leftarrow (Z)$ $Z \leftarrow Z+1$	None	3	3
ELPM ⁽¹⁾		Extended Load Program Memory	$R0 \leftarrow (RAMPZ:Z)$	None	3	
ELPM ⁽¹⁾	Rd, Z	Extended Load Program Memory	$Rd \leftarrow (RAMPZ:Z)$	None	3	
ELPM ⁽¹⁾	Rd, Z+	Extended Load Program Memory and Post-Increment	$Rd \leftarrow (RAMPZ:Z)$ $Z \leftarrow Z+1$	None	3	

ادامه مجموعه دستورالعمل‌های انتقال داده در میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR (ادامه)

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

SPM ⁽¹⁾		Store Program Memory	$(RAMPZ:Z) \leftarrow R1:R0$	None	-	-
SPM ⁽¹⁾	Z+	Store Program Memory and Post-Increment by 2	$(RAMPZ:Z) \leftarrow R1:R0$ $Z \leftarrow Z+2$	None	-	-
IN	Rd, A	In From I/O Location	$Rd \leftarrow I/O(A)$	None	1	
OUT	A, Rr	Out To I/O Location	$I/O(A) \leftarrow Rr$	None	1	
PUSH ⁽¹⁾	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2	1 ⁽³⁾
POP ⁽¹⁾	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2	2 ⁽³⁾

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n)$ $Rd(0) \leftarrow 0$ $C \leftarrow Rd(7)$	Z,C,N,V,H	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1)$ $Rd(7) \leftarrow 0$ $C \leftarrow Rd(0)$	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C$ $Rd(n+1) \leftarrow Rd(n)$ $C \leftarrow Rd(7)$	Z,C,N,V,H	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C$ $Rd(n) \leftarrow Rd(n+1)$ $C \leftarrow Rd(0)$	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z,C,N,V	1
SWAP	s	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftrightarrow Rd(7..4)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	A, b	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	$1^{(5)}/2$
SBI	A, b	Set Bit in I/O Register	$I/O(A, b) \leftarrow 1$	None	$1^{(5)}/2$
CBI	Rr, b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(A, b) \leftarrow 0$	None	1
BST	Rd, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

BLD		Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SEC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SES		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1

ادامه مجموعه دستورالعمل‌های ۸ بیتی و تست بیت در میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR (ادامه)

مجموعه دستورالعمل‌های میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BREAK(1)		Break	(See specific descr. for BREAK)	None	1
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep)	None	1
WDR		Sleep	(see specific descr. for WDR)	None	1

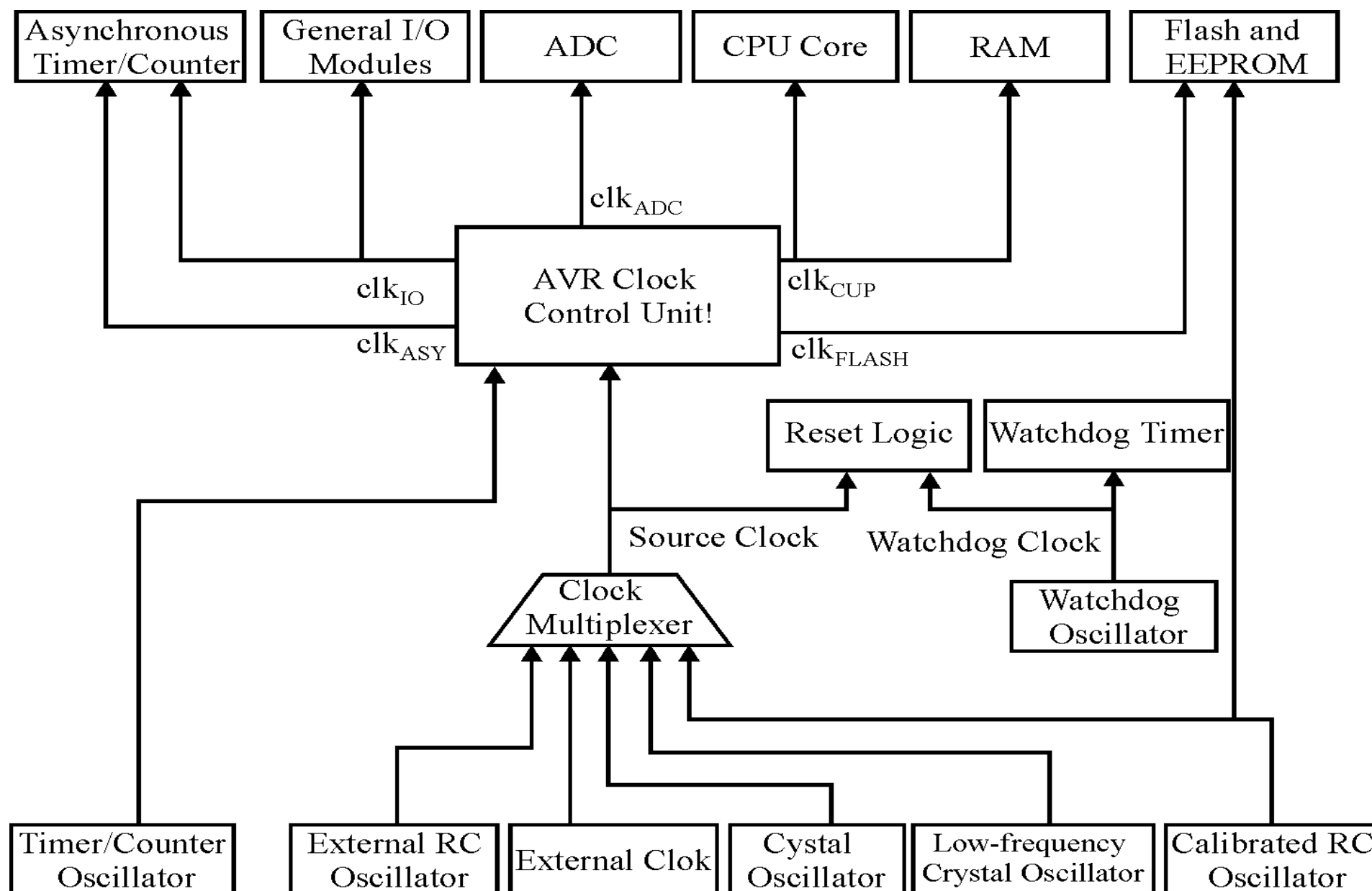
مجموعه دستورالعمل‌های کنترل میکروکنترلر در میکروکنترلرهای ۸ بیتی AVR
توجه ۱: دستورالعمل BREAK توسط سیستم debug سوار بر تراشه استفاده شده و توسط برنامه‌های کاربردی قابل استفاده نیست.



سیستم ساعت و گزینه های آن

در میکروکنترلرهای خانواده AVR

سیستم ساعت و گزینه‌های آن در میکروکنترلرهای AVR



انتخاب منابع ساعت

توجه: برای همه فیوزها 1 به معنی برنامه‌ریزی نشده و 0 به معنی برنامه‌ریزی شده می‌باشد.

Device Clocking Option	CKEL3..0
External Crystal/Ceramic Resonator	1111 - 1010
External Low-frequency Crystal	1001
External RC Oscillator	1000 - 0101
Calibarated Inernal RC Oscillator	0100 - 0001
External Clock	0000

نوسان ساز کریستالی

CKOPT	CKSEL3..1	Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 for Use with Crystals (pF)
1	101 ⁽¹⁾	0.4 – 0.9	—
1	110	0.9 – 3.0	12 – 22
1	111	3.0 – 8.0	12 – 22
0	101 , 110 , 111	1.0 <=	12 – 22

توجه ۱: این گزینه تنها باید برای تشدیدسازهای سرامیکی استفاده شوند و نه برای کریستال‌ها

نوسان ساز کریستالی

زمان‌های start-up بعد از حالات صرفه‌جویی در توان (مثل حالات power down و power save) در حالت انتخاب ساعت نوسان ساز کریستالی

CKSEL0	SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (Vcc = 5.0 V)	Recommended Usage
0	00	258 CK ⁽¹⁾	4.1 ms	Ceramic resonator, fast rising power
0	01	258 CK ⁽¹⁾	65 ms	Ceramic resonator, slowly rising power
0	10	1K CK ⁽²⁾	-	Ceramic resonator, BOD enabled
0	11	1K CK ⁽²⁾	4.1 ms	Ceramic resonator, fast rising power
1	00	1K CK ⁽²⁾	65 ms	Ceramic resonator, slowly rising power
1	01	16K CK	-	Crystal Oscillator, BOD enabled
1	10	16K CK	4.1 ms	Crystal Oscillator, fast rising power
1	11	16K CK	65 ms	Crystal Oscillator, slowly rising power

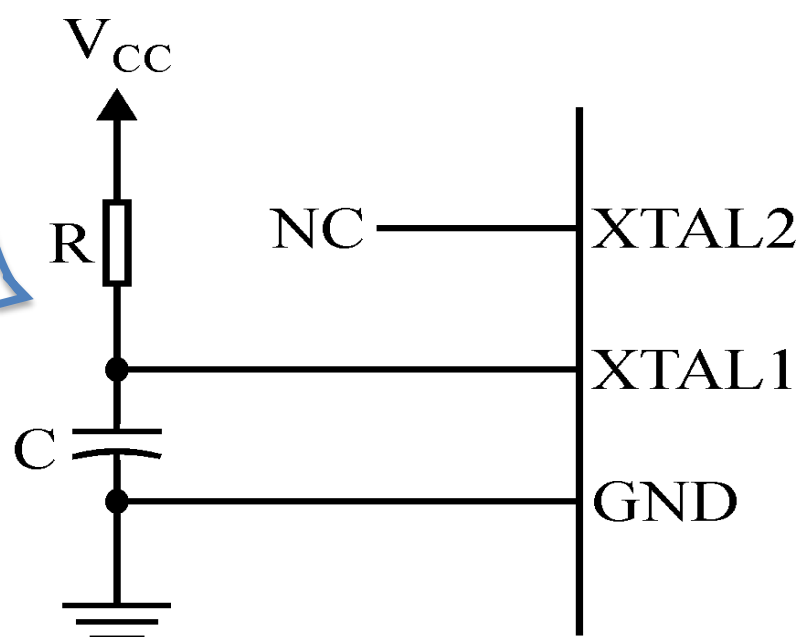
نوسان‌سازهای کریستالی فرکانس پایین

زمان‌های راه‌اندازی مربوط به انتخاب ساعت نوسان‌ساز کریستالی فرکانس پایین

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V _{CC} = 5.0 V)	Recommended Usage
00	1K CK ⁽¹⁾	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled
01	1K CK ⁽¹⁾	65 ms	Slowly rising power
10	32K CK	65 ms	Stable frequency at start-up
11	Reserved		

نوسان ساز خارجی با مدار RC

مدار RC خارجی برای تولید ساعت



CKSEL3..0	Frequency Range (MHz)
0101	$0.1 \leq 0.9$
0110	0.9 – 3.0
0111	3.0 – 8.0
1000	8.0 – 12.0

حالت‌های عملیاتی نوسان ساز RC خارجی

نوسان ساز خارجی با مدار RC

زمان‌های راه‌اندازی برای انتخاب ساعت نوسان‌ساز RC خارجی

• اگر این نوسان‌ساز انتخاب شود، زمان راه‌اندازی توسط فیز SUT تعیین می‌شود.

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V _{cc} = 5.0 V)	Recommended Usage
00	18 CK	-	BOD enabled
01	18 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	18 CK	65 ms	Slowly rising power
11	6 CK ⁽¹⁾	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

حالت‌های عملیاتی نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

CKSEL3..0	Frequency Range (MHz)
0001 ⁽¹⁾	0.1
0010	2.0
0011	4.0
0100	8.0

توجه ۱: این گزینه پیش فرض میکروکنترلر در زمان ساخت می باشد.

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

زمان‌های راه‌اندازی مربوط به انتخاب ساعت نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V _{CC} = 5.0 V)	Recommended Usage
00	6 CK	-	BOD enabled
01	6 CK	4.1 ms	Fast rising power
10 ⁽¹⁾	6 CK	65 ms	Slowly rising power
11	Reserved		

ثبات کالیبراسیون نوسان ساز - OSCCAL

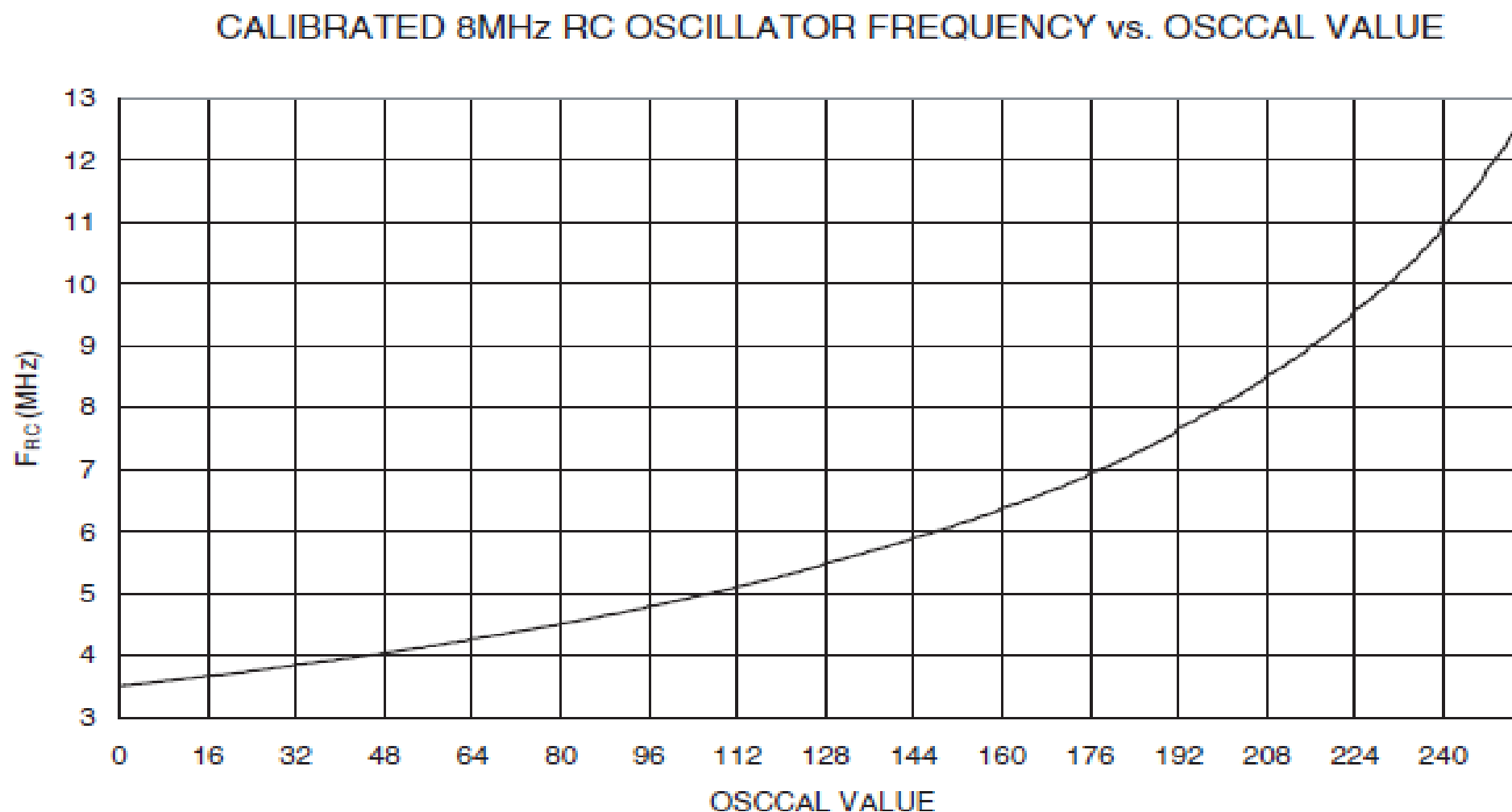
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	CAL7	CAL6	CAL5	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0	OSCCAL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	Service Specific Calibration Values								

OSCCAL Value	Min Frequency in Percentage of Nominal Frequency (%)	Max Frequency in Percentage of Nominal Frequency (%)
\$00	50	100
\$7F	75	150
\$FF	100	200

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

ثبات کالیبراسیون نوسان ساز - OSCCAL

فرکانس اسیلاتور RC با فرکانس 8MHz کالیبره شده، بر حسب مقدار OSCCAL



ساعت خارجی

زمان‌های راه‌اندازی برای انتخاب ساعت خارجی

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V_{CC} = 5.0 V)	Recommended Usage
00	6 CK	-	BOD enabled
01	6 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	6 CK	65 ms	Slowly rising power
11	Reserved		



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سیستم بازنشانی (ریست)
و زمان سنج نگهبان

سیستم بازنشانی

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{POT}	Power-on Reset Threshold Voltage (rising)			1.4	2.3	V
	Power-on Reset Threshold Voltage (falling) ⁽¹⁾			1.3	2.3	V
V_{RST}	\overline{RESET} Pin Threshold Voltage		$0.1 V_{CC}$		$0.9V_{CC}$	V
t_{RST}	Minimum pulse width on \overline{RESET} Pin				1.5	μs
V_{BOT}	Brown-out Reset Threshold Voltage ⁽²⁾	BODLEVEL = 1	2.5	2.7	3.2	V
		BODLEVEL = 0	3.6	4.0	4.5	
t_{BOD}	Minimum low voltage period for Brown-out Detection	BODLEVEL = 1		2		μs
		BODLEVEL = 0		2		μs
V_{HYST}	Brown-out Detector hysteresis			50		mV

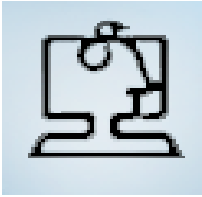
سیستم بازنشانی

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	MCUCSR
	JTD	ISC2	-	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	See Bit Description					

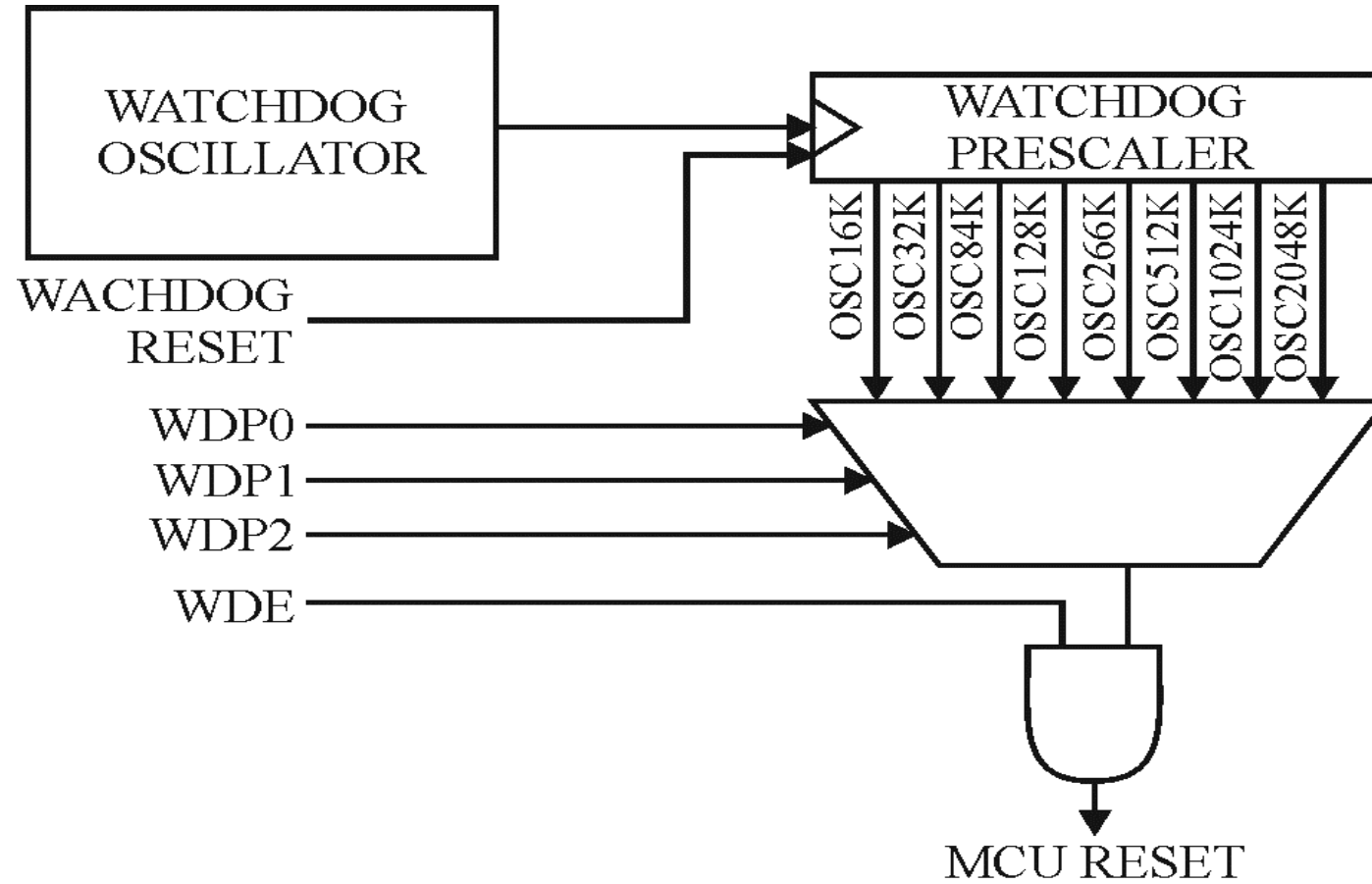
مشخصات منبع ولتاژ مرجع درونی

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
VBG	Bandgap reference voltage	1.15	1.23	1.4	V
tBG	Bandgap reference Start-up time		40	70	μs
IBG	Bandgap reference current consumption		10		μA

زمان سنج نگهبان



دانشکده مهندسی کامپیوتر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر



Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	WDTOE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	WDTCR
Read/Write	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

نحوه انتخاب پیش تقسیم ساعت زمان سنج نگهبان

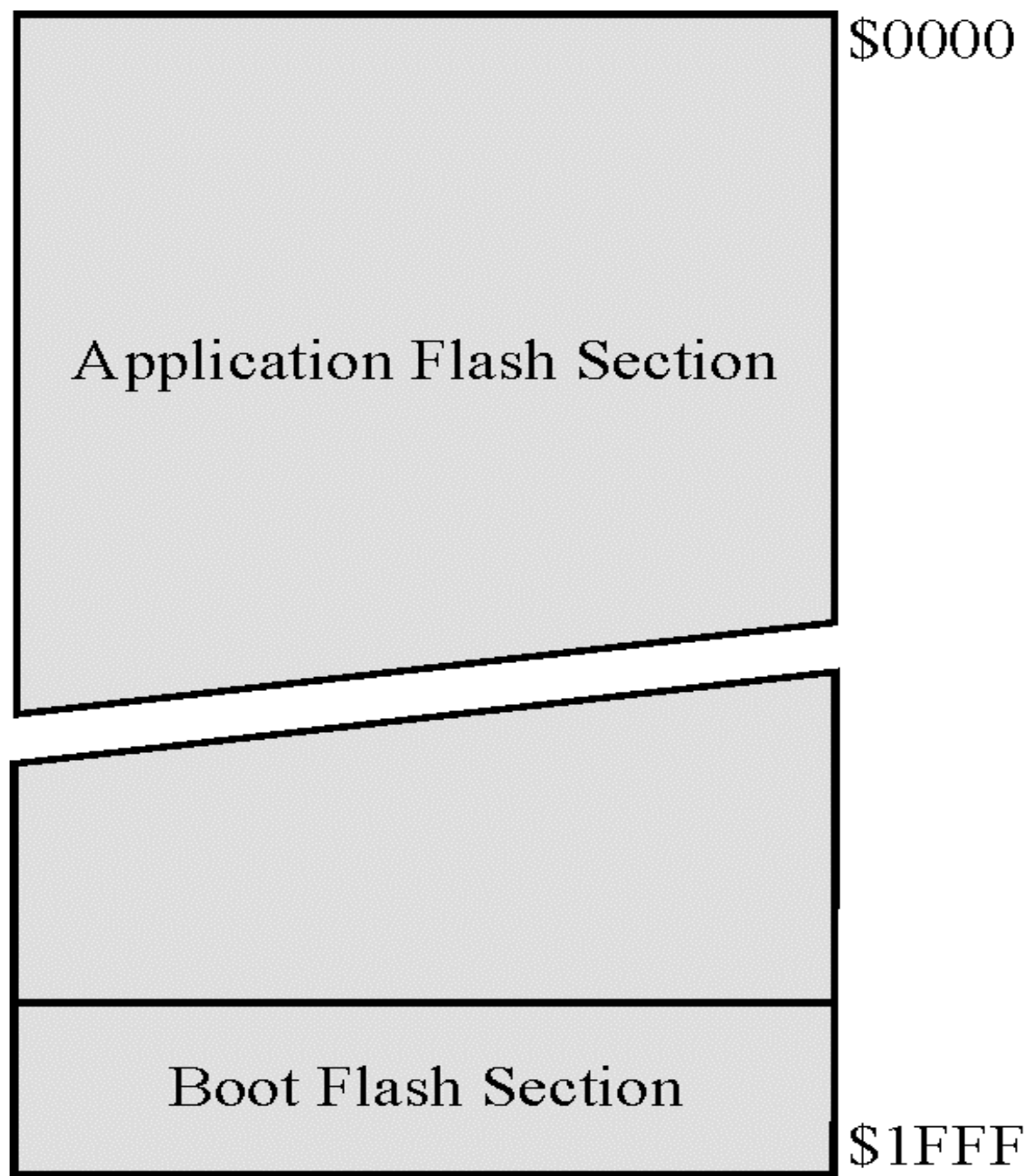
WDP2	WDP1	WDP0	Number of WDT Oscillator Cycles	Typical Time-out at VCC = 3.0V	Typical Time-out at VCC = 5.0V
0	0	0	16K (16,384)	17.1 ms	16.3 ms
0	0	1	32K (32,768)	34.3 ms	32.5 ms
0	1	0	64K (65,536)	68.5 ms	65 ms
0	1	1	128K (131,072)	0.14 s	0.13 s
1	0	0	256K (262,144)	0.27 s	0.26 s
1	0	1	512K (524,288)	0.55 s	0.52 s
1	1	0	1,024K (1,048,576)	1.1 s	1.0 s
1	1	1	2,048K (2,097,152)	2.2 s	2.1 s



حافظه‌ها

در میکروکنترلرهای AVR

حافظه برنامه (فلش)



حافظه برنامه (فلش)

BOOTSZ1	BOOTSZ0	Boot Size	Pages	Application Flash Section	Boot Loader Flash Section	End Appllction section	Boot Reset Address (start Boot Loader Section)
1	1	128 words	2	\$0000 - \$1F7F	\$1F80 - \$1FFF	\$1F7F	\$1F80
1	0	256 words	4	\$0000 - \$1EFF	\$1F00 - \$1FFF	\$1EFF	\$1F00
0	1	512 words	8	\$0000 - \$1DFF	\$1E00 - \$1FFF	\$1DFF	\$1E00
0	0	1024 words	16	\$0000 - \$1BFF	\$1C00 - \$1FFF	\$1BFF	\$1C00

فضای حافظه داده SRAM

فایل رجیسترها و فضای I/O

Register File		Data Address Space	
R0		\$0000	
R1		\$0001	
R2		\$0002	
R29		\$001D	
R30		\$001E	
R31		\$001F	
I/O Registers			
\$00		\$0020	
\$01		\$0021	
\$02		\$0022	
\$3D		\$005D	
\$3E		\$005E	
\$3F		\$005F	
		Internal SRAM	
		\$0060	
		\$0061	
		\$045E	
		\$045F	

ثبات های EEPROM

(۱) ثبات آدرس EEPROM شامل دو بخش EEARL و EEARH

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

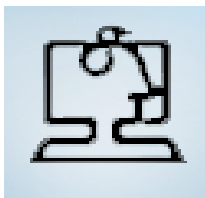
ثبات های EEPROM

٢) ثبات داده EEPROM :EEDR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

٣) ثبات کنترل EEPROM :EECR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	



درگاه‌های ورودی/خروجی

در میکروکنترلر های AVR

SFIOR پایه درگاه‌ها و ثبات

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIOR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت ۲-بیت PUD

توصیف ثبات‌ها برای درگاه‌های ورودی/خروجی

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	PORTA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ثبات داده درگاه A: PORTA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	DDRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ثبات جهت داده درگاه A: ثبات DDRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	PINA
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

ثبات آدرس پایه‌های ورودی درگاه A: PINA



وقفه‌ها

در میکروکنترلرهای خانواده AVR

وقفه ها

Vector No.	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupt Definiation
1	\$000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset, Watchdog Reset, and JTAG AVR Reset
2	\$002	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$004	INT1	External Interrupt Request 1
4	\$006	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	\$008	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	\$00A	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	\$00C	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	\$00E	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	\$010	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	\$012	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	\$014	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	\$016	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	\$018	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	\$01A	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	\$01C	ADC	ADC Conversion Complete
16	\$01E	EE_RDY	EEPROM Ready
17	\$020	ANA_COMP	Analog Comparator
18	\$022	TWI	Two-wire Serial Interface
19	\$024	INT2	External Interrupt Request 2
20	\$026	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
21	\$028	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

وقفه‌ها

BOOTRST	IVSEL	Reset address	Interrupt Vectors Start Address
1	0	\$0000	\$0002
1	1	\$0000	Boot Reset Address + \$0002
0	0	Boot Reset Address	\$0002
0	1	Boot Reset Address	Boot Reset Address + \$0002

فیوز BOOTRST برابر "1" به معنی برنامه‌ریزی نشده و "0" به معنی برنامه‌ریزی شده است.

وقفه ها

پیکر بندی تخصیص فضای حافظه به بخش boot و بخش کاربرد

BOOTSZ1	BOOTSZ0	Boot Size	Pages	Application Flash Section	Boot Loader Flash Section	End Appllcation section	Boot Reset Address (start Boot Loader Section)
1	1	128 words	2	\$0000 - \$1F7F	\$1F80 - \$1FFF	\$1F7F	\$1F80
1	0	256 words	4	\$0000 - \$1EFF	\$1F00 - \$1FFF	\$1EFF	\$1F00
0	1	512 words	8	\$0000 - \$1DFF	\$1E00 - \$1FFF	\$1DFF	\$1E00
0	0	1024 words	16	\$0000 - \$1BFF	\$1C00 - \$1FFF	\$1BFF	\$1C00

ثبات کنترل وقفه سراسری (GICR) و ثبات MCUCR

- ثبات کنترل وقفه سراسری:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	MCUCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- GICR: General Interrupt Control Register

بیت های کنترل نحوه حس وقفه

ISC11	ISC10	Description
0	0	The low level of INT1 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT1 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT1 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT1 generates an interrupt request.

ISC01	ISC00	Description
0	0	The low level of INT0 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT0 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT0 generates an interrupt request.

ثبات کنترلی و وضعیت میکروکنترلر: MCUCSR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	JTD	ISC2	–	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	MCUCSR
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	See Bit Description					

MCUCSR : MCU Control and Status Register

اگر بردارهای وقفه در بخش Boot Loader قرار داشته باشند و بیت BLB02 برنامه‌ریزی شده باشد، هنگامی که برنامه در قسمت کاربرد (application section) در حال اجرا باشد وقفه‌ها غیرفعال می‌شوند.

اگر بردارهای وقفه در بخش کاربرد قرار داشته و بیت BLB12 برنامه‌ریزی شده باشد، هنگامیکه برنامه در قسمت Boot Loader در حال اجرا باشد وقفه‌ها غیرفعال می‌شوند.

ثبات عمومی پرچم‌های وقفه GIFR و ثبات GICR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	GIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

GIFR: General Interrupt Flag Register

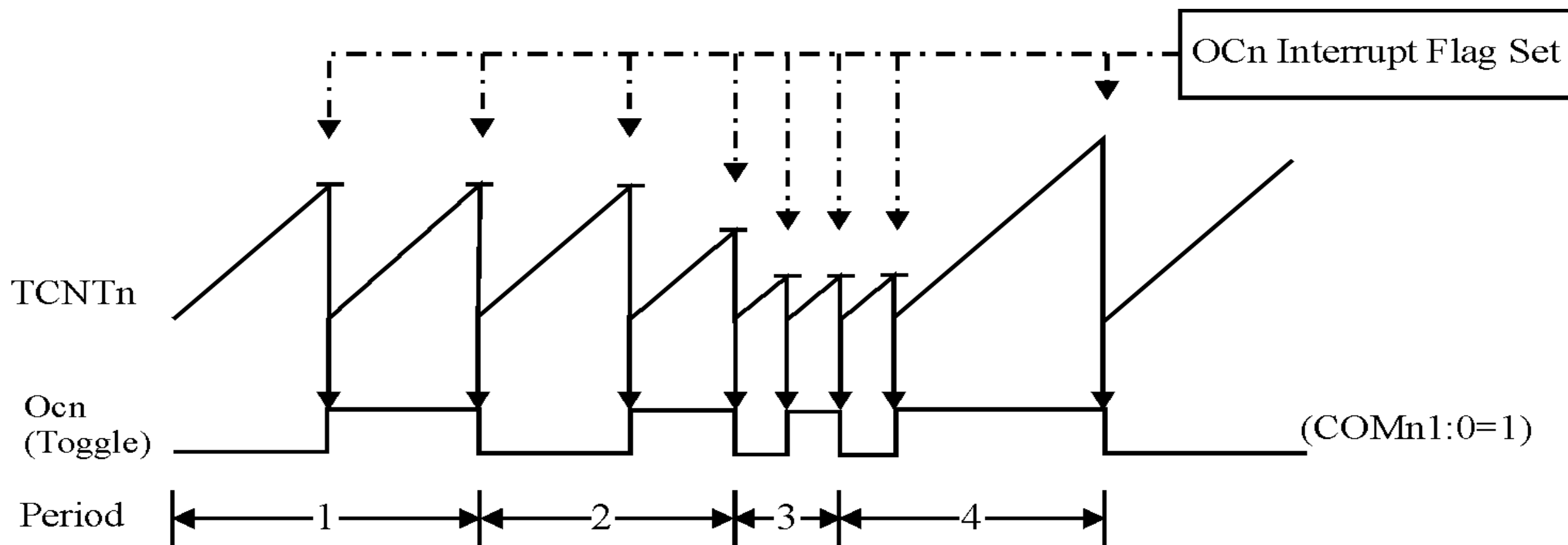
GICR: General Interrupt Control Register



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

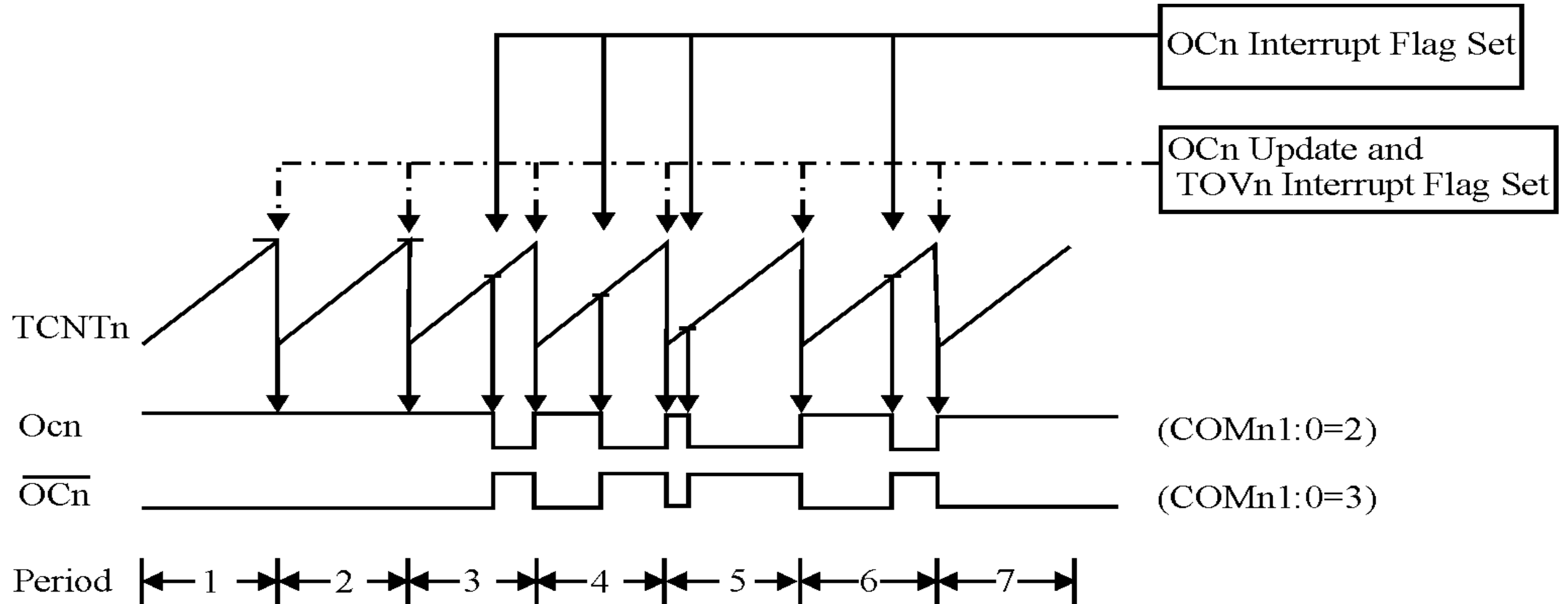
زمان سنج / شمارنده ♦

شمای زمان‌بندی مد CTC

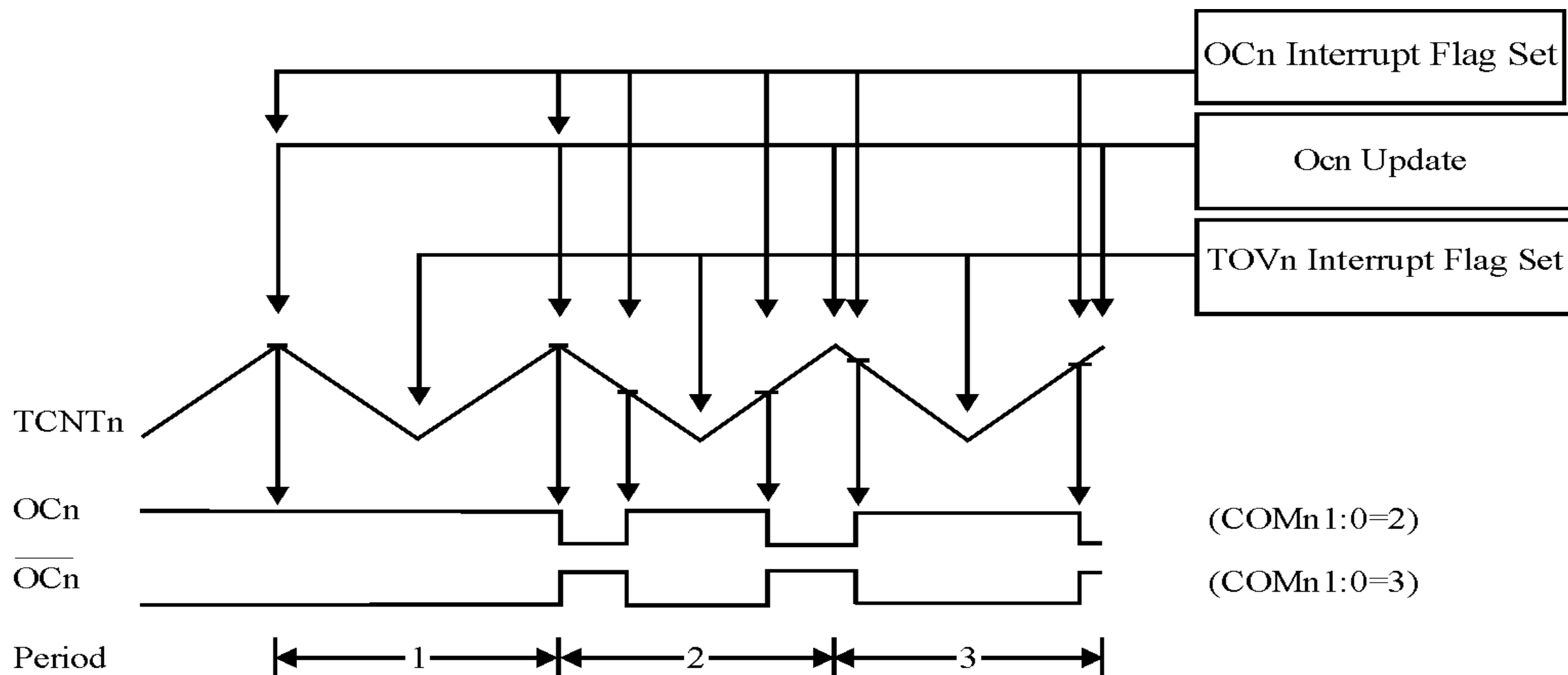


مقدار شمارنده TCNT0 تا زمانی که یک برابری مقایسه بین OCR0 و TCNT0 روی دهد، افزایش می‌یابد و بعد از آن شمارنده TCNT0 صفر می‌شود.

نمودار زمانبندی حالت PWM سریع



نمودار زمان بندی PWM با فاز صحیح



محاسبه فرکانس موج تولید شده در مودهای مختلف کارکردی زمان سنج –
شمارنده ♦

$$f_{OCnCTC} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{2N(1 + OCR_n)}$$

$$f_{OCnFAST-PWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{N.256}$$

$$f_{OCnPCPWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{N.510}$$

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR0)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	TCCR0
Read/Write	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Mode	WGM01 (CTC0)	WGM00 (PWM0)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR0	TOV0 Flag Set- on
0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	1	PWM, Phase Correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	1	0	CTC	OCR0	Immediate	MAX
3	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX

ثبات كنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR0)

حالت compare output، حالت غير PWM

COM01	COM00	Description
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected.
0	1	Toggle OC0 on compare match
1	0	Clear OC0 on compare match
1	1	Set OC0 on compare match

حالت Compare Output، حالت PWM سريع

COM01	COM00	Description
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match, set OC0 at BOTTOM, (non-inverting mode)
1	1	Set OC0 on compare match, clear OC0 at BOTTOM, (inverting mode)

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR0)

حالت Compare Output، حالت PWM با فاز صحیح

COM01	COM00	Description
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match when up-counting. Set OC0 on compare match when down-counting.
1	1	Set OC0 on compare when up-counting. Clear OC0 on compare match when down-counting.

ثبات‌های زمان‌سنج / شمارنده 0

7	6	5	4	3	2	1	0	
TCNT0[7:0]								TCNT0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	
7	6	5	4	3	2	1	0	
OCR0[7:0]								OCR0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	
7	6	5	4	3	2	1	0	
OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	TIMSK
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

انتخاب خروجی پیش تقسیم کننده به عنوان ساعت زمان سنج / شمارنده ۰ و ۱

- ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR0):

7	6	5	4	3	2	1	0	
FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	TCCR0
W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

- بیت های ۰ الی ۲ – CS02:0 : انتخاب ساعت

CS02	CS01	CS00	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped)
0	0	1	clkI/O (No prescaling)
0	1	0	clkI/O/8 (From prescaler)
0	1	1	clkI/O/64 (From prescaler)
1	0	0	clkI/O/256 (From prescaler)
1	0	1	clkI/O/1024 (From prescaler)
1	1	0	External clock source on To pin. Clock on falling edge.

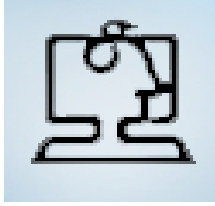
بازنشانی پیش تقسیم کننده

7	6	5	4	3	2	1	0	
OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	TIFR
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت OCF0

7	6	5	4	3	2	1	0	
ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIOR
R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

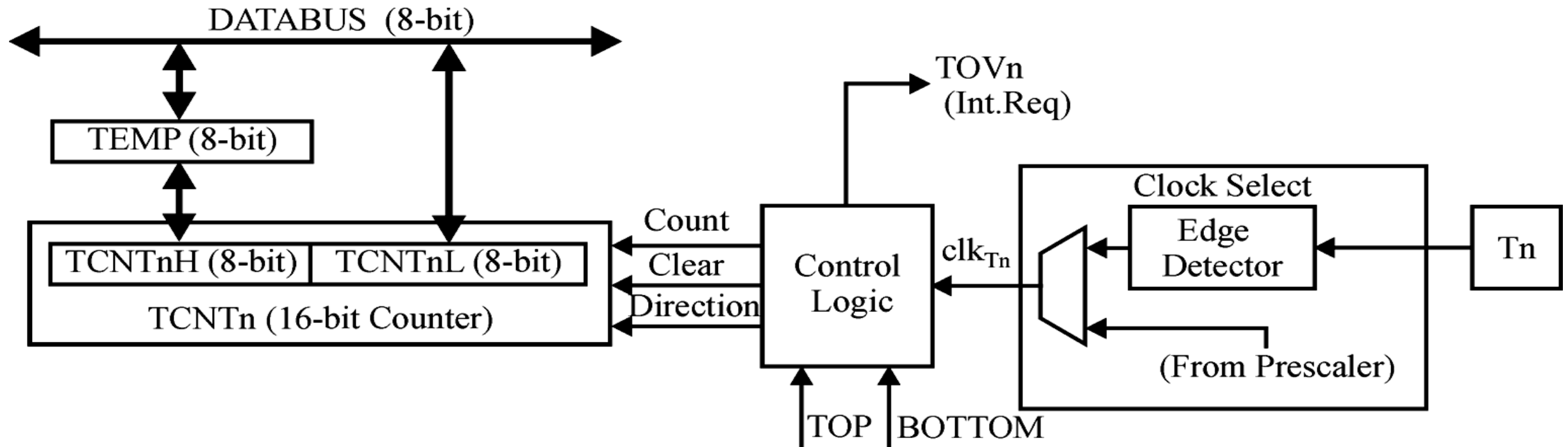
بیت PSR10



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

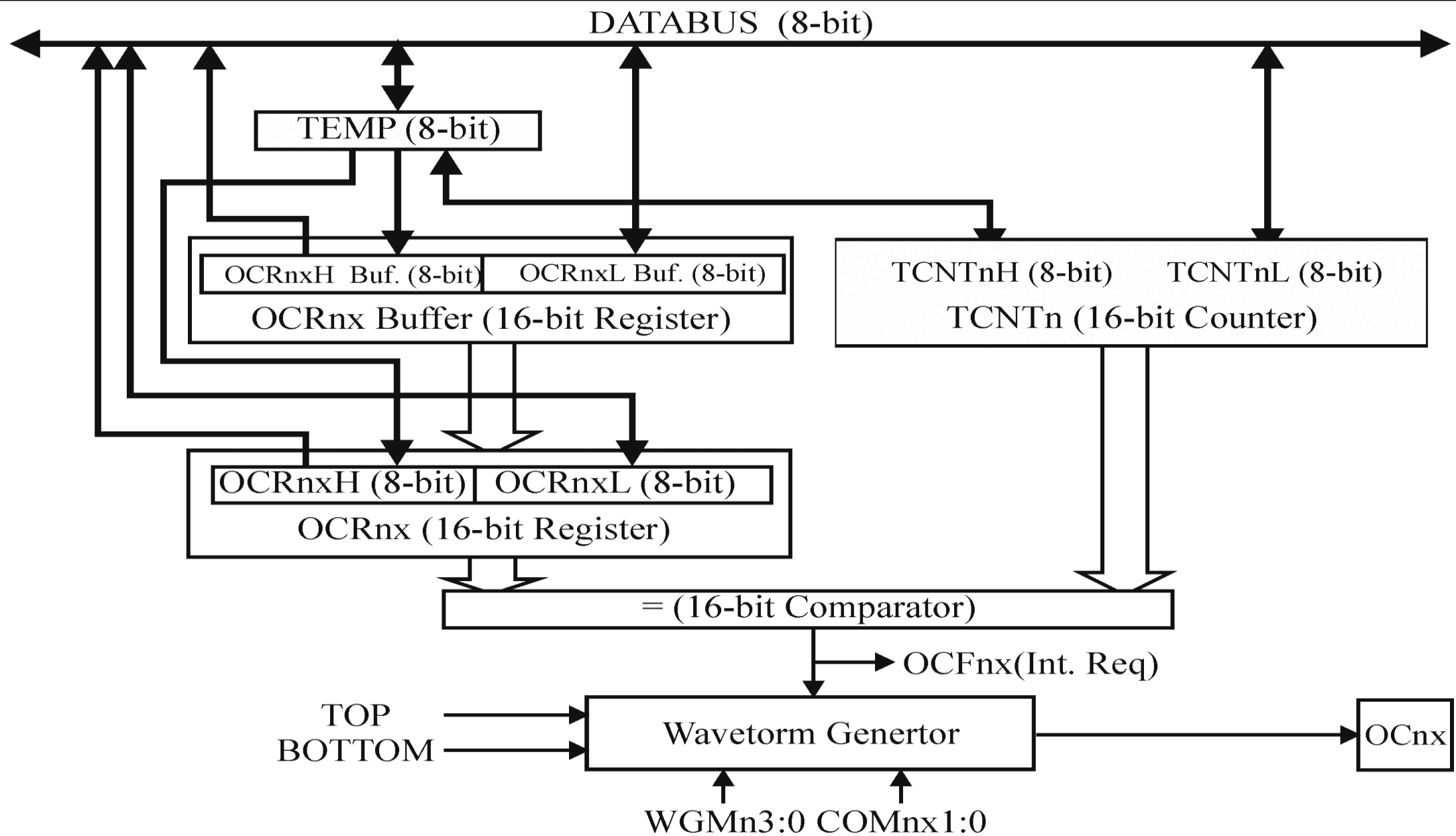
زمان سنج / شمارنده ۱

زمان سنج / شمارنده ۱

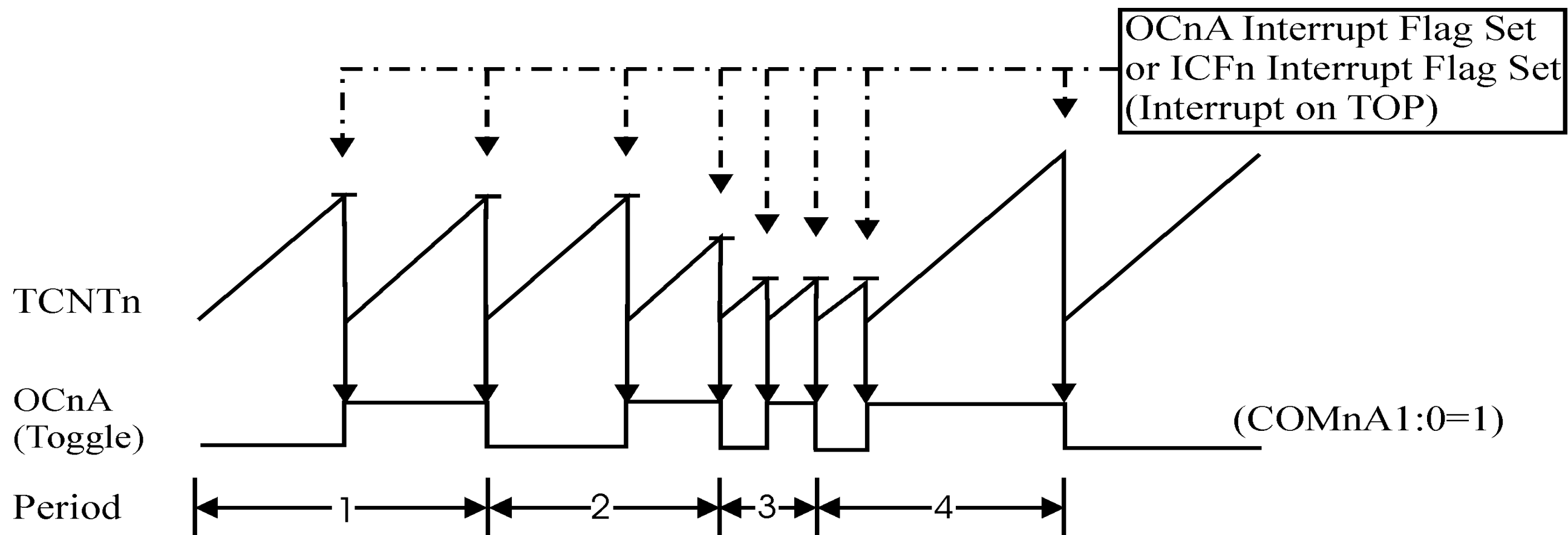


نمودار بلوکی واحد شمارنده

زمان سنج / شمارنده ۱

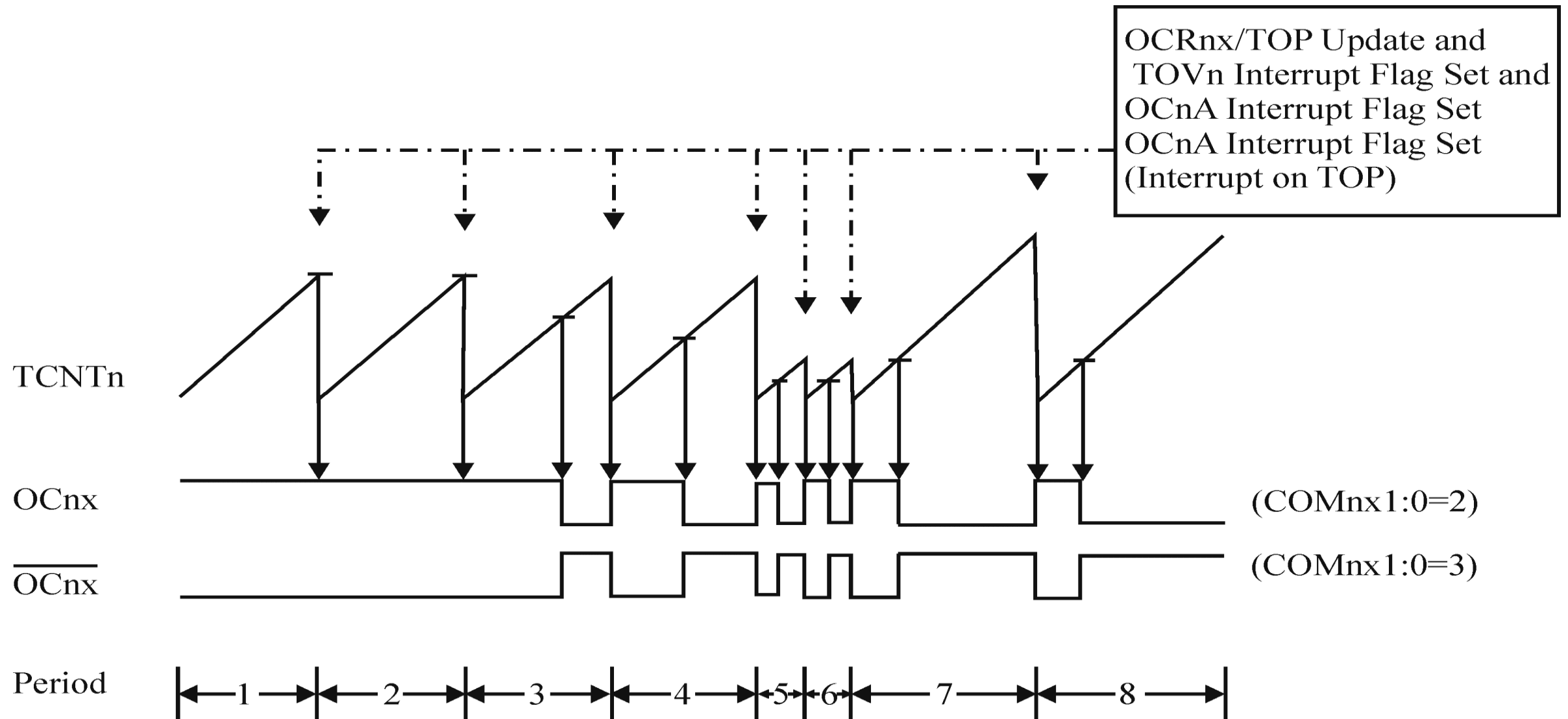


زمان سنج / شمارنده ۱



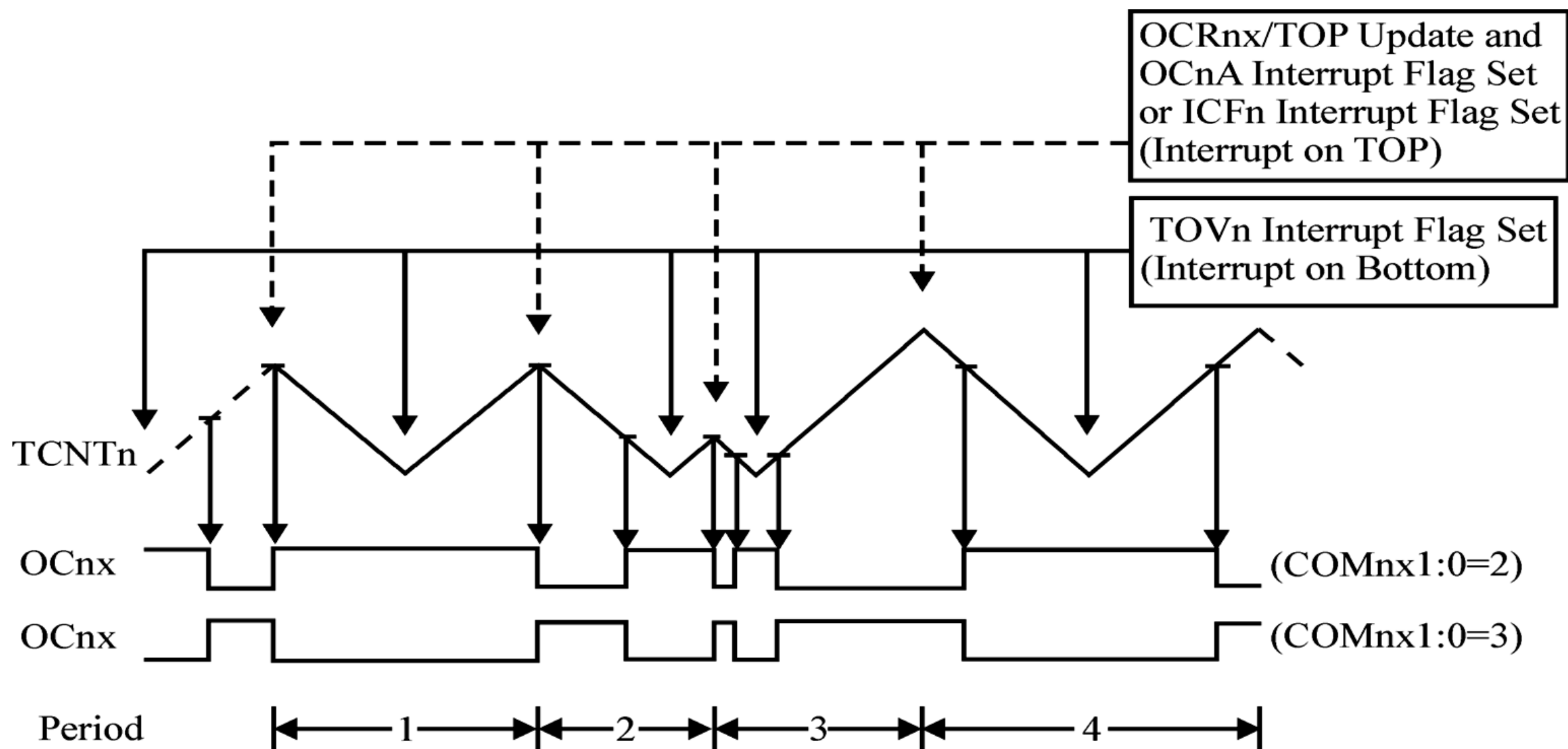
شمای زمانبندی حالت CTC

زمان سنج / شمارنده ۱



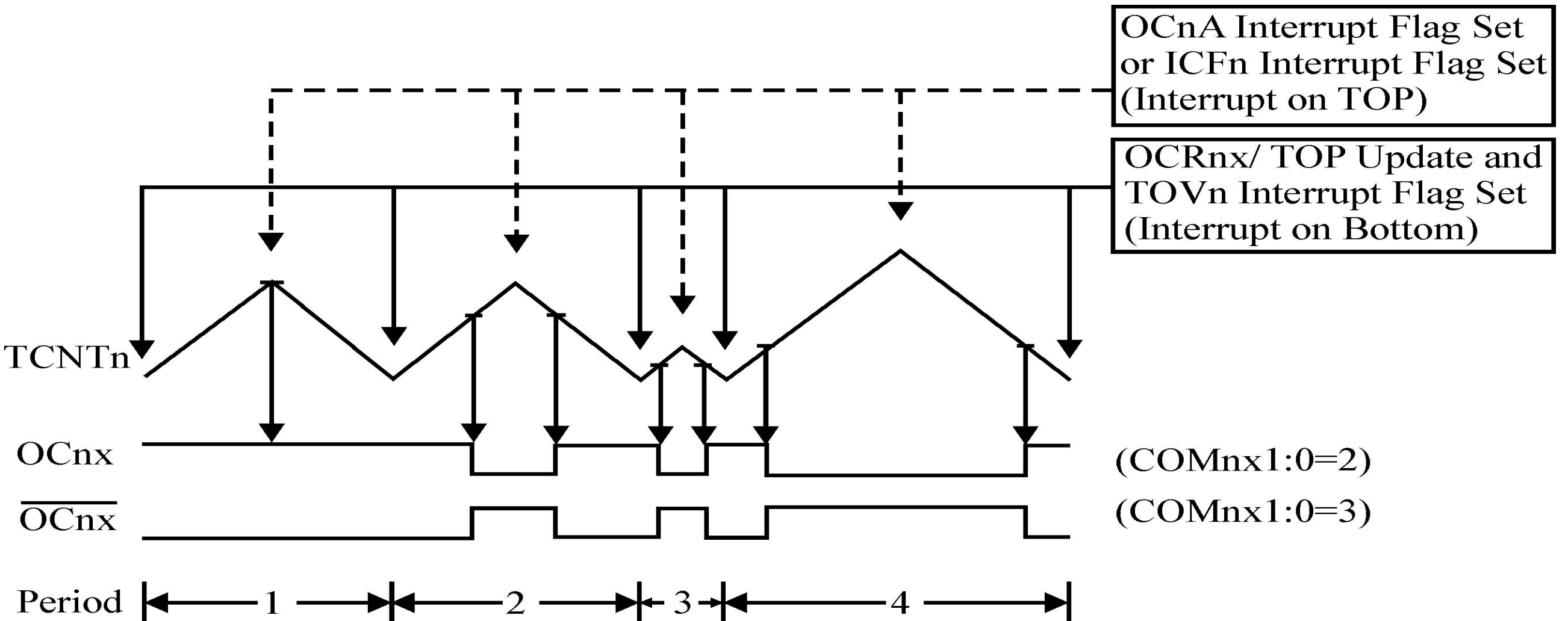
شمای زمانبندی حالت PWM سریع

زمان سنج / شمارنده ۱



شمای زمانبندی حالت PWM با فاز صحیح

زمان سنج / شمارنده ۱



شمای زمانبندی حالت PWM با فاز و فرکانس صحیح

محاسبه فرکانس موج تولید شده در مودهای مختلف کارکردی زمان سنج-شمارنده ۱

$$f_{OCnACTC} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{2N(1 + OCR_n A)}$$

$$f_{OCnFASTPWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{(1 + TOP)N}$$

$$f_{OCnPCPWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{2N \cdot TOP}$$

$$f_{OCnPFCPWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{2N \times TOP}$$

ثبات كنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR1A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	TCCR1A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Mode	WGM13	WGM12 (CTC1)	WGM11 (PWM11)	WGM10 (PWM10)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Updated of OCR1x	TOV1 Flag set on
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF	Immediate	MAX
1	0	0	0	1	PWM, Phase Correct, 8-bit	0x00FF	TOP	BOTTOM
2	0	0	1	0	PWM, Phase Correct, 9-bit	0x01FF	TOP	BOTTOM
3	0	0	1	1	PWM, Phase Correct, 10-bit	0x03FF	TOP	BOTTOM
4	0	1	0	0	CTC	OCR1A	Immediate	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit	0x00FF	BOTTOM	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	BOTTOM	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit	0x03FF	BOTTOM	TOP
8	1	0	0	0	PWM, Phase and Frequency Correct	ICR1	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct	OCR1A	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct	ICR1	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct	OCR1A	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICR1	Immediate	MAX
13	1	1	0	1	Reserved	-	-	-
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICR1	BOTTOM	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCR1A	BOTTOM	TOP

ثبات كنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR1A)

حالت compare output، حالت غير PWM

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	Toggle OC1A/OC1B on compare match
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match (Set output to low level)
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match (Set output to high level)

حالت Compare Output، حالت PWM سريع

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	WGM13:0=15: Toggle OC1A on Compare Match, OC1B disconnected (normal port operation). For all other WGM13:0 settings, normal port operation, OCnA/OCnB disconnected.
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match, set OC1A/OC1B at BOTTOM, (non-inverting mode)
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match, clear OC1A/OC1B at BOTTOM, (Inverting mode)

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR1A)

حالت Compare Output، حالت PWM با فاز صحیح و فرکانس صحیح

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	WGM13:0=9 or 14: Toggle OCnA on Compare Match, OCnB disconnected (normal port operation). For all other WGM13:0 settings, normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match when up-counting. Set OC1A/OC1B on compare match when downcounting.
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match when up-counting. Clear OC1A/OC1B on compare match when downcounting.

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR1B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت‌های WGM13:2 مشابه جدول TCCR1A

CS12	CS11	CS10	Description
0	0	0	No clock source (Timer/counter stopped)
0	0	1	ClkI/O/1 (No prescalling)
0	1	0	ClkI/O/8 (From prescaler)
0	1	1	ClkI/O/64 (From prescaler)
1	0	0	ClkI/O/256 (From prescaler)
1	0	1	ClkI/O/1024 (From prescaler)
1	1	0	External clock source on T1 pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on T1 pin. Clock on rising edge.

ثبات زمان سنج / شمارنده ۱

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
TCNT1(15:8)								TCNT1H
TCNT1(7:0)								TCNT1L
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
OCR1A(15:8)								OCR1AH
OCR1A(7:0)								OCR1AL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
OCR1B(15:8)								OCR1BH
OCR1B(7:0)								OCR1BL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
ICR1(15:8)								ICR1H
ICR1(7:0)								ICR1L
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0

ثبات زمان سنج / شمارنده ۱

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	TIMSK
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

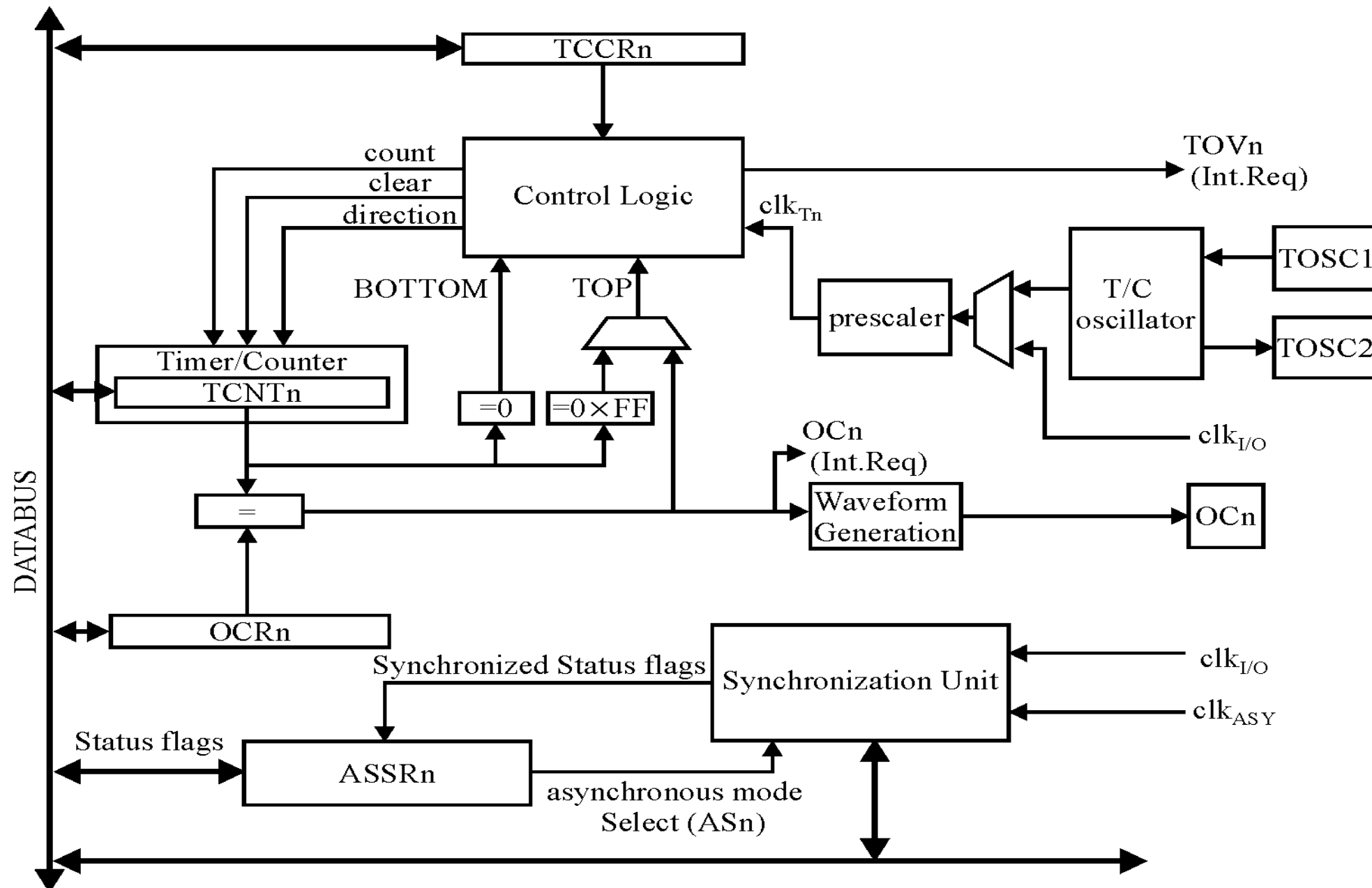
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	TIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	



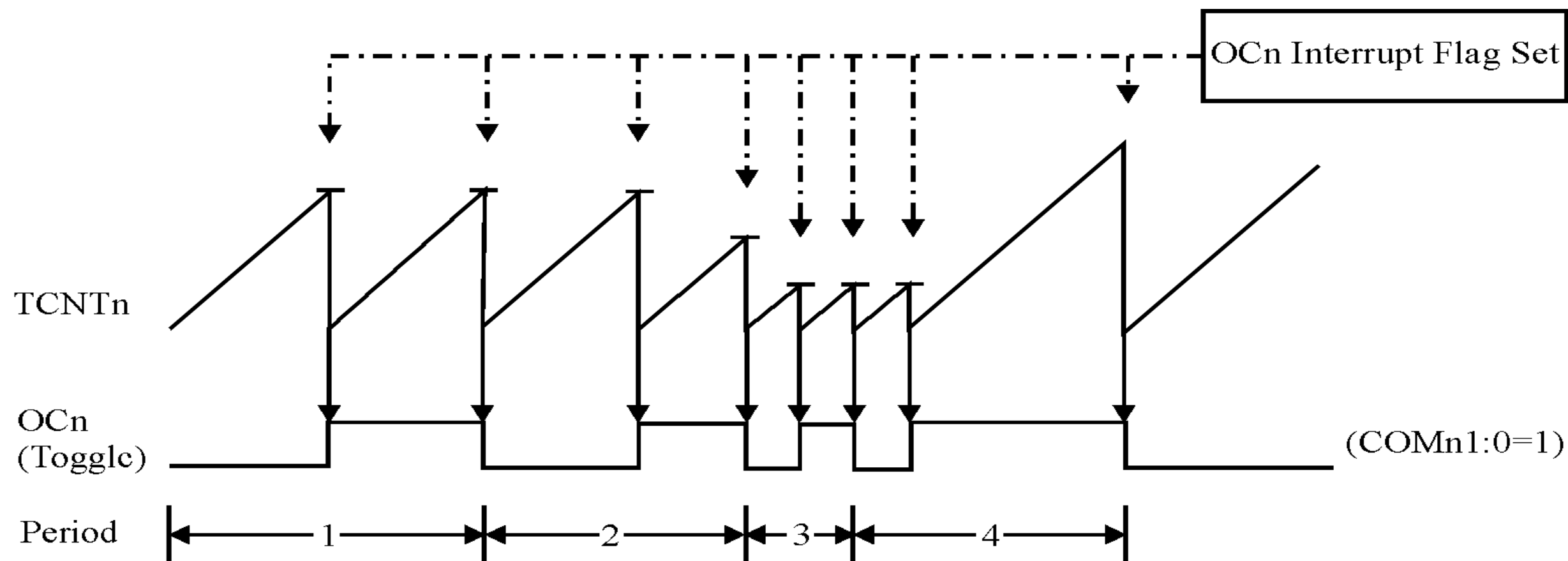
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

زمان سنج / شمارنده ۲

زمان سنج / شمارنده ۲

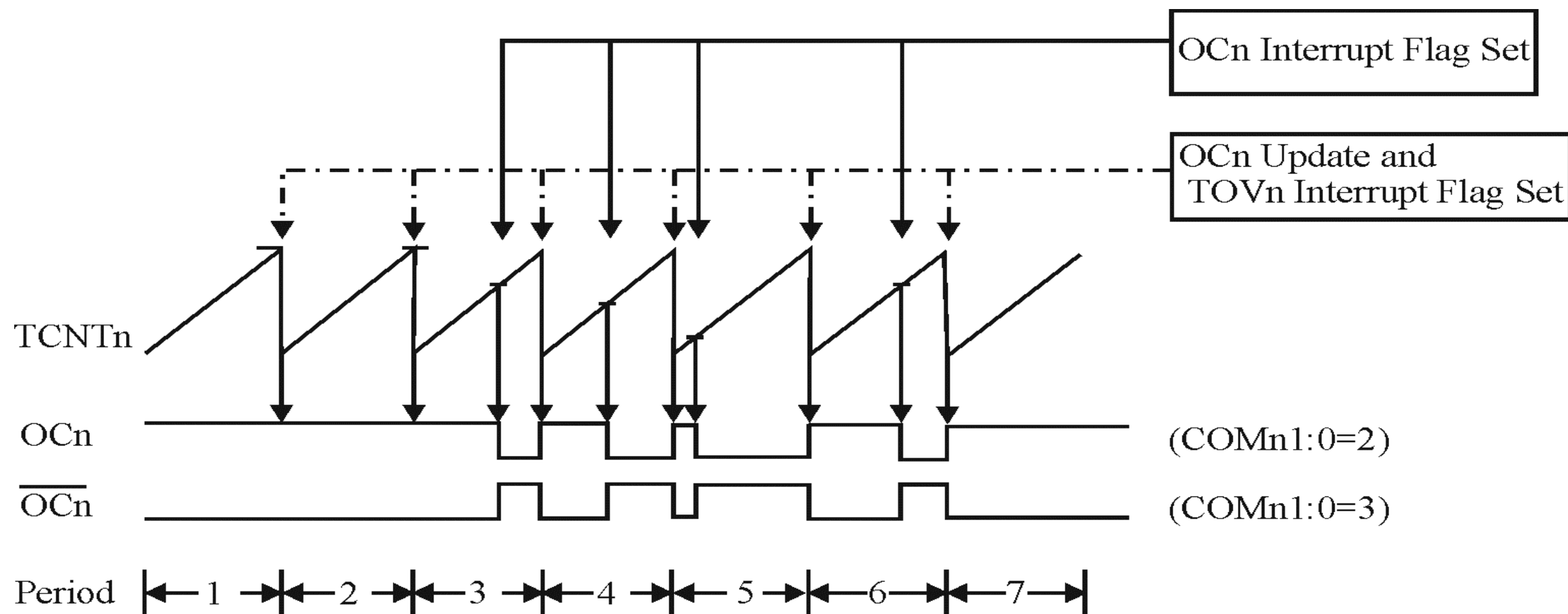


نمودار زمان بندی مد CTC

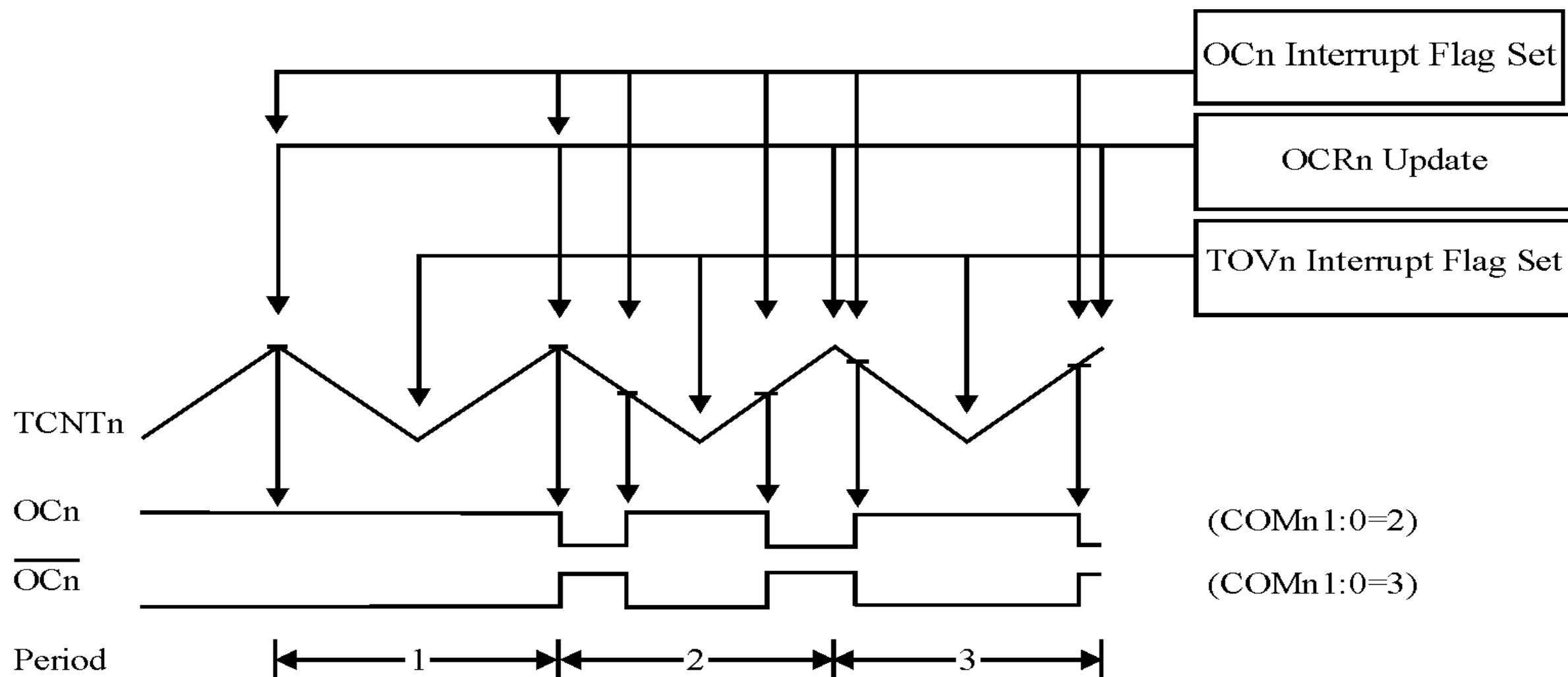


مقدار شمارنده TCNT2 تا زمانی که یک برابری مقایسه بین OCR2 و TCNT2 روی دهد، افزایش می یابد و بعد از آن شمارنده TCNT2 صفر می شود.

نمودار زمانبندی حالت PWM سریع



نمودار زمان بندی PWM با فاز صحیح



محاسبه فرکانس موج تولید شده در مودهای مختلف کارکردی زمان سنج –
شمارنده ۲

$$f_{OCnCTC} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{2N(1 + OCR_n)}$$

$$f_{OCnFASTPWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{N.256}$$

$$f_{OCnPCPWM} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{N.510}$$

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR2)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TCCR2
	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	
Read/Write	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Mode	WGM21 (CTC2)	WGM20 (PWM2)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR2	TOV2 Flag Set on
0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	1	PWM, Phase Correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	1	0	CTC	OCR2	Immediate	MAX
3	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX

ثبات كنترول زمان سنج / شمارنده (TCCR2)

حالت compare output، حالت غير PWM

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Toggle OC2 on compare match
1	0	Clear OC2 on compare match
1	1	Set OC2 on compare match

حالت Compare Output، حالت PWM سريع

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on compare match, set OC2 at BOTTOM, (non-inverting mode)
1	1	Set OC2 on compare match, clear OC2 at BOTTOM, (inverting mode)

ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR2)

حالت Compare Output، حالت PWM با فاز صحیح

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on compare match when up-counting. Set OC2 on compare match when downcounting.
1	1	Set OC2 on compare match when up-counting. Clear OC2 on compare match when downcounting.

ثبات‌های زمان‌سنج / شمارنده ۲

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCNT2(7:0)								TCNT2
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR2(7:0)								OCR2
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	ASSR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R	R	R	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ثبات‌های زمان‌سنج / شمارنده ۲

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCIE2	TOIE2	T1C1E1	OCIE1A	OC1E1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	TIMSK
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	TIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ثبات‌های زمان سنج / شمارنده ۲

بیت PSR2

7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	
R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

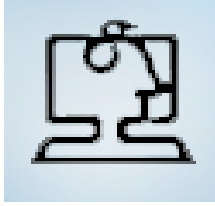
انتخاب خروجی پیش تقسیم کننده به عنوان ساعت زمان سنج / شمارنده ۲

- ثبات کنترل زمان سنج / شمارنده (TCCR2):

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TCCR2
	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	
Read/Write	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- بیت های ۰ الی ۲ – CS22:0 : انتخاب ساعت

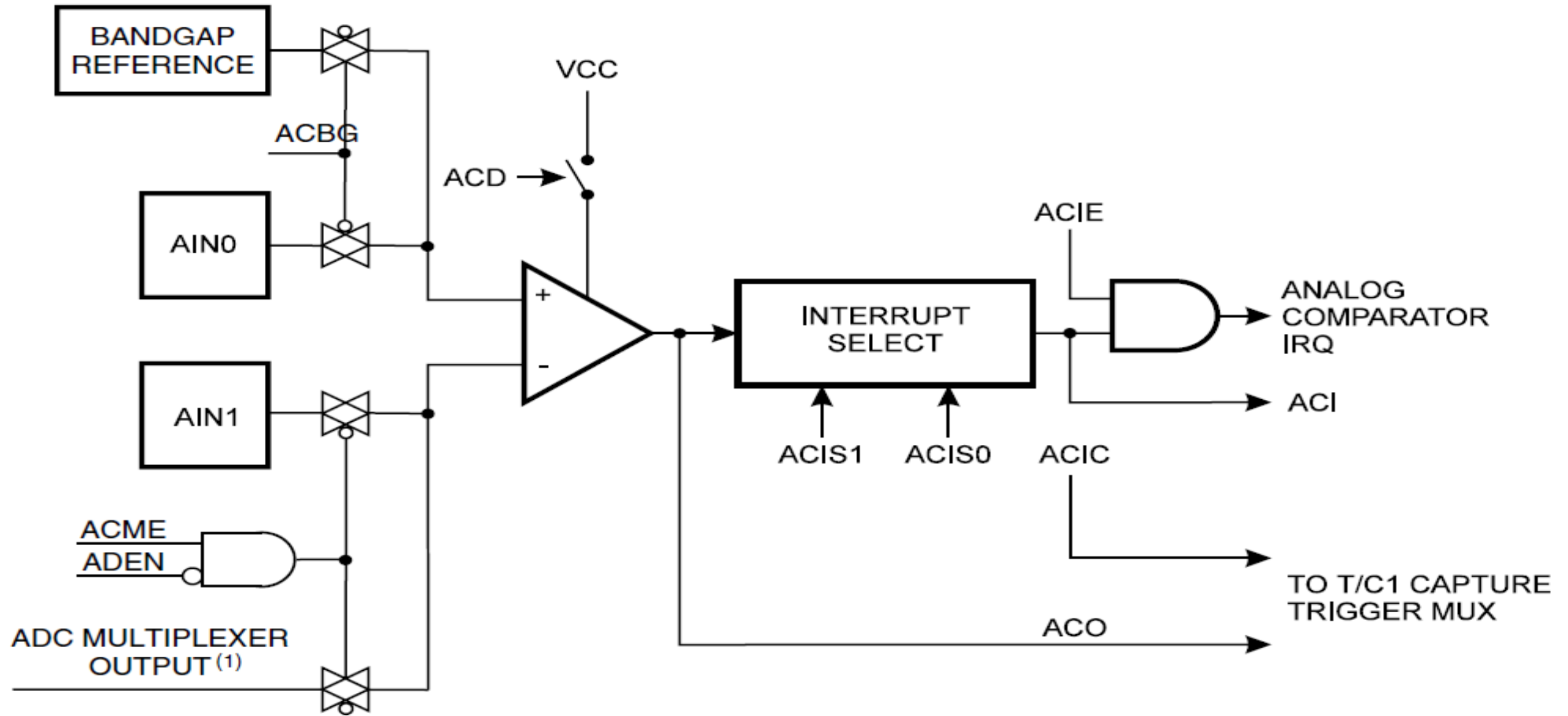
CS22	CS21	CS20	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	clkT2S/(No prescaling)
0	1	0	clkT2S/8 (From prescaler)
0	1	1	clkT2S/32 (From prescaler)
1	0	0	clkT2S/64 (From prescaler)
1	0	1	clkT2S/128 (From prescaler)
1	1	0	clkT2S/256 (From prescaler)
1	1	1	clkT2S/1024 (From prescaler)



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مقایسه کننده آنالوگ

مقایسه کننده آنالوگ



ثبات I/O خاص منظوره SFIOR و ثبات کنترلی مقایسه کننده آنالوگ ACSR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADHSM	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIOR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- بیت سوم بنام ACME: فعال ساز تسهیم کننده برای مقایسه کننده آنالوگ:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	ACSR
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	N/A	0	0	0	0	0	

- بیت هفتم یا ACD: غیر فعال کننده مقایسه کننده آنالوگ
- بیت ششم یا بیت ACBG: انتخاب کننده bandgap مقایسه کننده آنالوگ
- بیت پنجم یا بیت ACO: خروجی مقایسه کننده آنالوگ
- بیت چهارم (ACI): پرچم وقفه مقایسه کننده آنالوگ
- بیت سوم (ACIE): فعال ساز وقفه مقایسه کننده آنالوگ
- بیت دوم یا ACIC: فعال ساز input capture مقایسه کننده آنالوگ
- بیت های صفر و یک یا ACIS0 و ACIS1: انتخاب حالت وقفه مقایسه کننده آنالوگ

تنظیم حالت وقفه

ACIS1	ACIS0	حالت وقفه
۰	۰	وقفه مقایسه کننده روی Output Toggle
۰	۱	رزرو شده
۱	۰	وقفه مقایسه کننده در لبه پایین رونده خروجی
۱	۱	وقفه مقایسه کننده در لبه بالا رونده خروجی

انتخاب ورودی منفی مقایسه‌کننده آنالوگ

ACME	ADEN	MUX2..0	ورودی منفی مقایسه‌کننده آنالوگ
0	x	xxx	AIN1
1	1	xxx	AIN1
1	0	000	ADC0
1	0	001	ADC1
1	0	010	ADC2
1	0	011	ADC3
1	0	100	ADC4
1	0	101	ADC5
1	0	110	ADC6
1	0	111	ADC7



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مبدل آنالوگ به دیجیتال

ثبات انتخاب تسهیم کننده ADC: ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

REFS1	REFS0	انتخاب ولتاژ مرجع
0	0	AREF، ولتاژ مرجع داخلی خاموش
0	1	AVCC با خازن خارجی بر روی پایه AREF
1	0	رزرو شده
1	1	ولتاژ مرجع ۲.۵۶ ولت داخلی با خازن خارجی بر روی پایه AREF

MUX 4..0	ورودي غيرتفاضلي	ورودي تفاضلي مثبت	ورودي تفاضلي منفي	بهره
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010		ADC0	ADC0	200x
01011		ADC1	ADC0	200x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110		ADC2	ADC2	200x
01111		ADC3	ADC2	200x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010		ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000		ADC0	ADC2	1x
11001		ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x
11011		ADC3	ADC2	1x
11100		ADC4	ADC2	1x
11101		ADC5	ADC2	1x
11110	1.22 V (V _{ref})	N/A		

انتخاب کانال

ثبات کنترل و وضعیت ADC: ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت ۷ یا بیت ADEN: فعال سازی ADC

بیت ۶ یا بیت ADSC: بیت شروع تبدیل

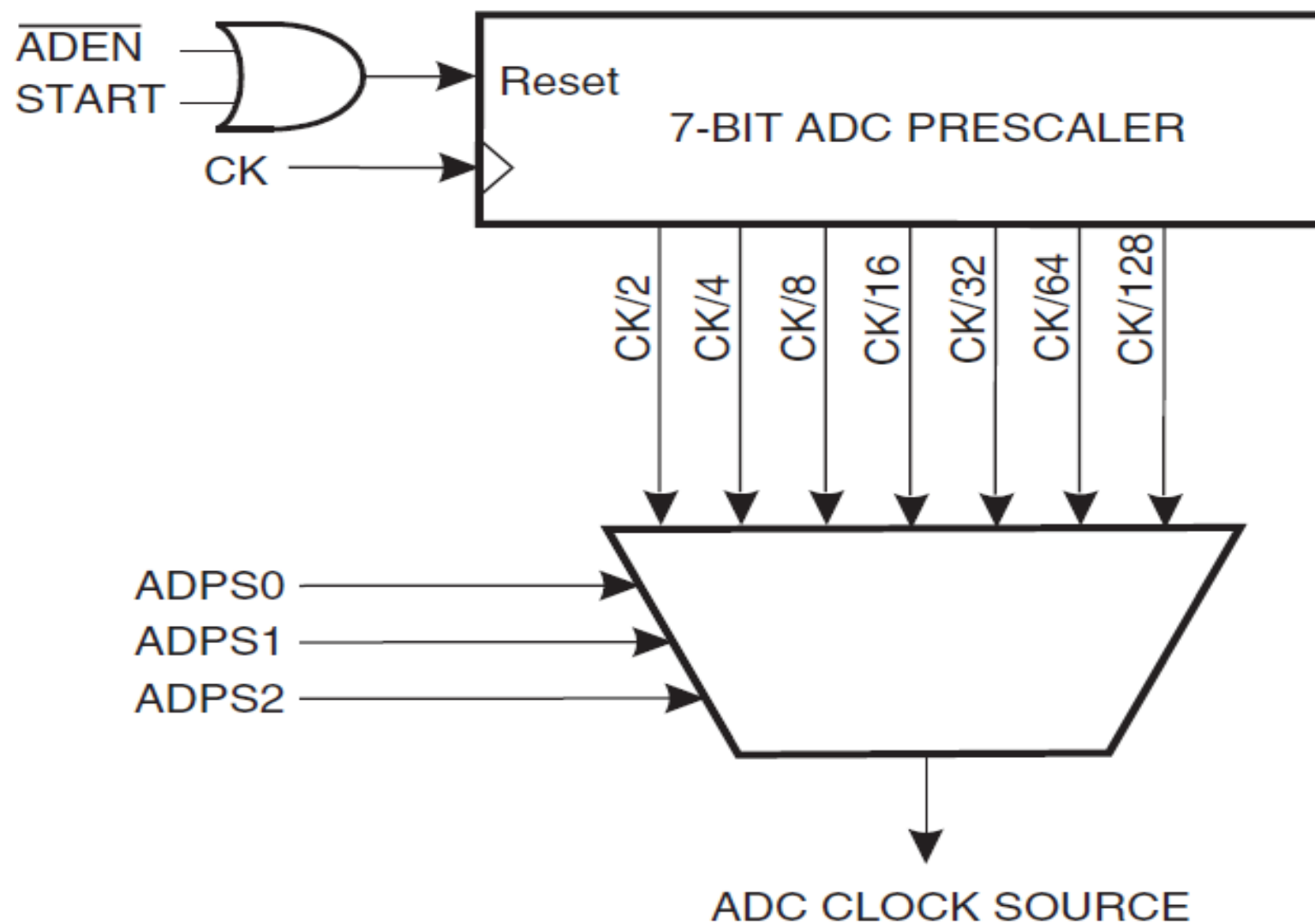
بیت ۵ یا بیت ADATE: فعال ساز تحریک خود کار ADC

بیت ۴ یا بیت ADIF: پرچم وقفه ADC

بیت ۳ یا بیت ADIE: بیت فعال ساز وقفه ADC

بیت های ۲:۰ یا بیت های ADPS2:۰: بیت های انتخاب پیش مقیاس گذار ADC

مبدل آنالوگ به دیجیتال



فاکتور تقسیم بین فرکانس خروجی انتخابگر پیش تقسیم کننده و ساعت ورودی ADC

ADPS2	ADPS1	ADPS0	فاکتور تقسیم
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

ثبات داده ADC شامل ADCH و ADCL

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	ADC9	ADC8	ADCH
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
	ADC1	ADC0	–	–	–	–	–	–	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	

انتخاب منبع تحریک خودکار ADC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

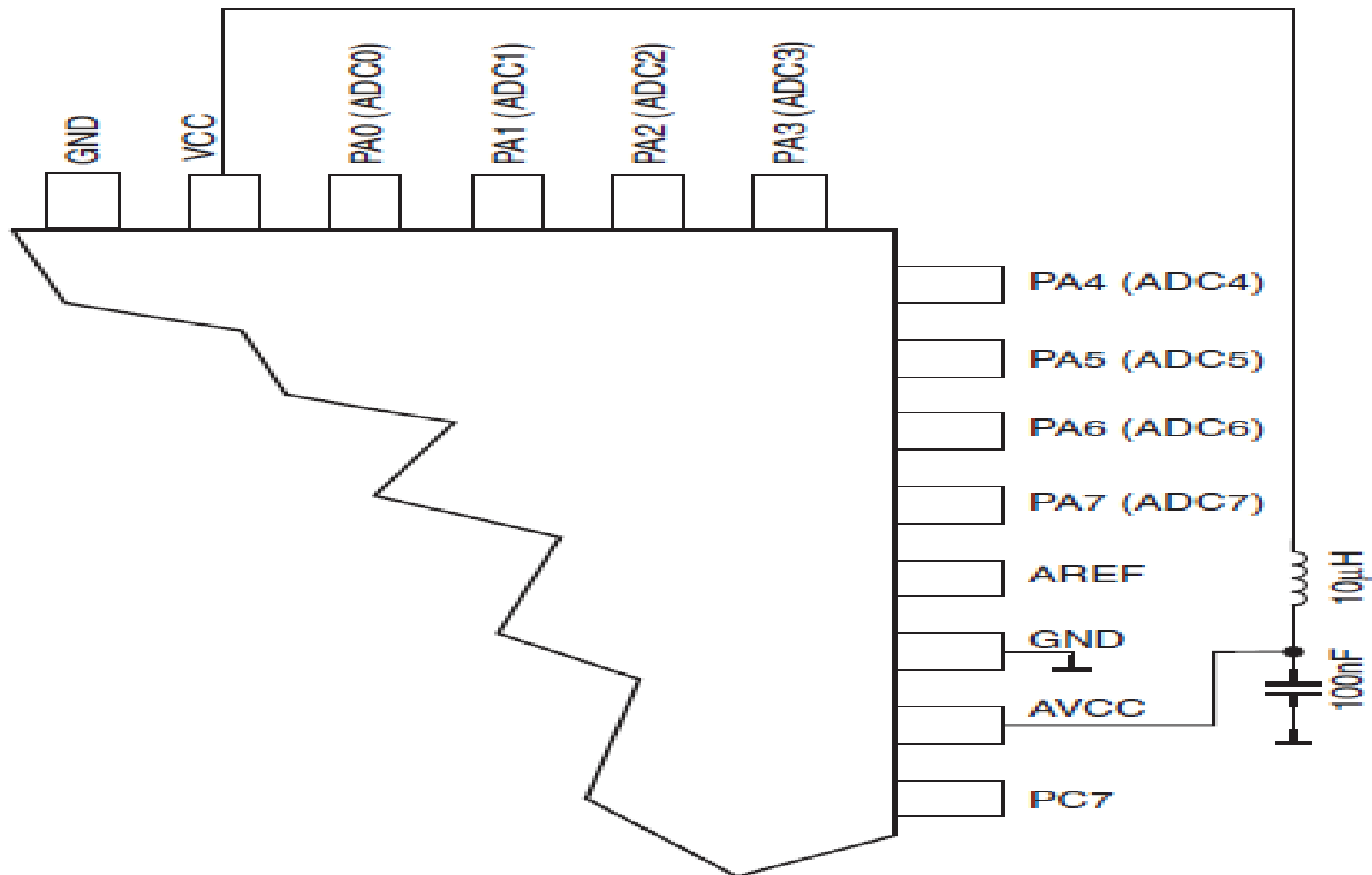
• بیت‌های ۵ الی ۷ یا بیت‌های ADTS2:0: منبع تحریک خودکار ADC

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter1 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

زمان تبدیل ADC

Condition	Sample & Hold (Cycles from Start of Conversion)	Conversion Time (Cycles)
First conversion	13.5	25
Normal conversions, single ended	1.5	13
Auto Triggered conversions	2	13.5
Normal conversions, differential	1.5/2.5	13/14

اتصالات تغذیه ADC



نتیجه تبدیل ADC

$$ADC_{SingleEnded} = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

$$ADC_{Differential} = \frac{(V_{POS} - V_{NEG}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}}$$



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

حالات خواب

مشخصات حالات خواب بطور خلاصه

	Active Clock domains					Oscillators		Wake-up Sources					
Sleep Mode	clkCPU	clkFLASH	clkIO	clkADC	clkASY	Main clock Source Enabled	Timer Osc. Enabled	INT2 INT1 INT0	TWI Address Match	Timer 2	SPM/ EEPROM Ready	ADC	Other I/O
Idle			X	X	X	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction				X	X	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X	X	X	
Power Down								X ⁽³⁾	X				
Power Save					X ⁽²⁾		X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			
Standby ⁽¹⁾						X		X ⁽³⁾	X				
Extended Standby ⁽¹⁾					X ⁽²⁾	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			

حالات خواب

- شش وضعیت مختلف خواب به منظور صرفه‌جویی در مصرف توان در میکروکنترلر ATmega16 عبارتند از:
 - وضعیت بیکار¹
 - حالت کاهش نویز مبدل ADC²
 - وضعیت خاموش³
 - وضعیت صرفه‌جویی توان⁴
 - وضعیت آماده‌باش⁵
 - وضعیت آماده‌باش توسعه‌یافته⁶

1- idle

2- ADC Noise Reduction

3- power down

4- power save

5- standbay

6- extended standby

تنظیم نوع حالت صرفه جویی در مصرف توان

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	MCUCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

SM2	SM1	SM0	Sleep Mode
0	0	0	Idle
0	0	1	ADC Noise Reduction
0	1	0	Power-down
0	1	1	Power-save
1	0	0	Reserved
1	0	1	Reserved
1	1	0	Standby ⁽¹⁾
1	1	1	Extended Standby ⁽¹⁾



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ارتباط سریال USART



ارتباط سریال USART

روابط مربوط به محاسبه‌ی تنظیمات ثبات نرخ باد

Operating Mode	Equation for Calculating Baud Rate ⁽¹⁾	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous Normal Mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double Speed Mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRA - A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	UCSRA
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0	

بیت ۷-RXC، تکمیل دریافت USART

بیت ۶-TXC، تکمیل ارسال USART

بیت ۵-UDRE، خالی بودن ثبات داده USART

بیت ۴-FE، بیت خطای فریم

بیت ۳-DOR، خطای سرروی

بیت ۲-PE، خطای توازن

بیت ۱-U2X، دو برابر کردن سرعت ارسال USART

بیت ۰-MPCM، حالت ارتباط چند پردازشگری



کنترل USART و ثبات وضعیت B - UCSRB

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت ۷-RXCIE، فعال سازی وقفه تکمیل دریافت RX

بیت ۶-TXCIE، فعال ساز وقفه تکمیل ارسال (TX)

بیت ۵-UDRIE، بیت فعال ساز وقفه خالی بودن ثبات داده

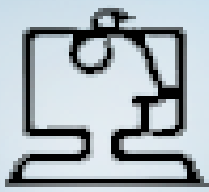
بیت ۴-RXEN، فعال ساز گیرنده USART

بیت ۳-TXEN، فعال ساز فرستنده

بیت ۲-UCSZ2، طول کاراکتر

بیت ۱-RXB8، بیت داده دریافتی شماره ۸

بیت ۰-TXB8، بیت داده ارسالی شماره ۸

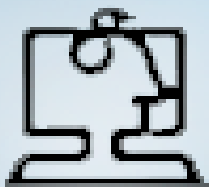


کنترل USART و ثبات وضعیت C – UCSRC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	

بیت ۶-UMSEL، انتخاب حالت USART:

UMSEL	Mode
0	Asynchronous Operation
1	Synchronous Operation



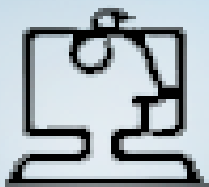
کنترل USART و ثبات وضعیت C – UCSRC

بیت ۴:۵-UPM1:0

UPM1	UPM0	حالت توازن
0	0	Disabled
0	1	Reserved
1	0	Enabled, Even Parity
1	1	Enabled, Odd Parity

USBS	تعداد بیت‌های توقف
0	1-bit
1	2-bit

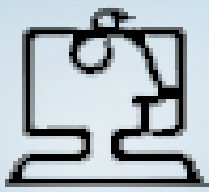
• بیت



کنترل USART و ثبات وضعیت C – UCSRC

بیت ۱:۲-۰:۱ UCSZ1:0: طول کاراکتر :

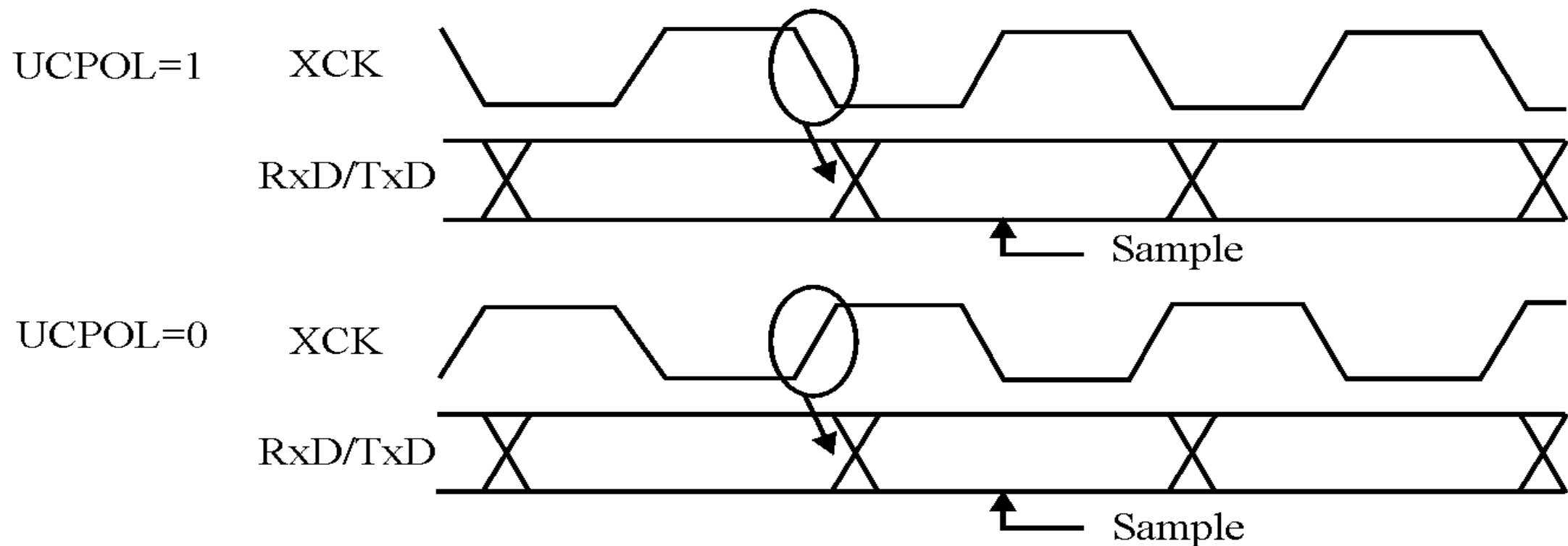
اندازه کاراکتر	UCSZ0	UCSZ1	UCSZ2
5-bits	0	0	0
6-bits	1	0	0
7-bits	0	1	0
8-bits	1	1	0
Reserved	0	0	1
Reserved	1	0	1
Reserved	0	1	1
9-bits	1	1	1



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

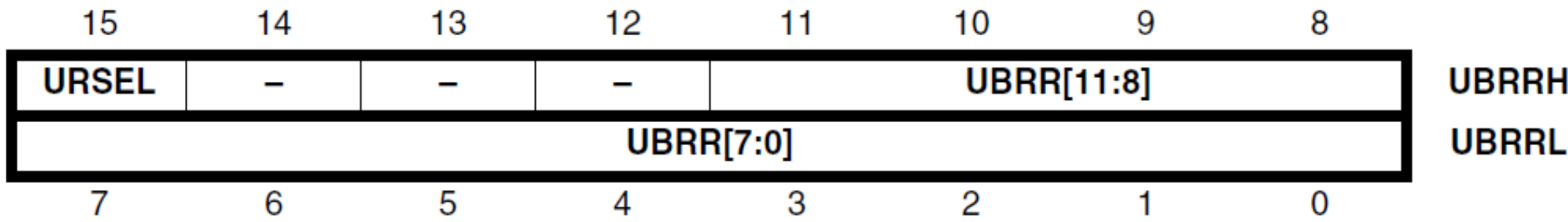
بیت ۰-UCPOL: قطبیت ساعت :

UCPOL	Transmitted Data Changed (Output of TxD Pin)	Received Data Sampled (Input on RxD Pin)
0	Rising XCK Edge	Falling XCK Edge
1	Falling XCK Edge	Rising XCK Edge

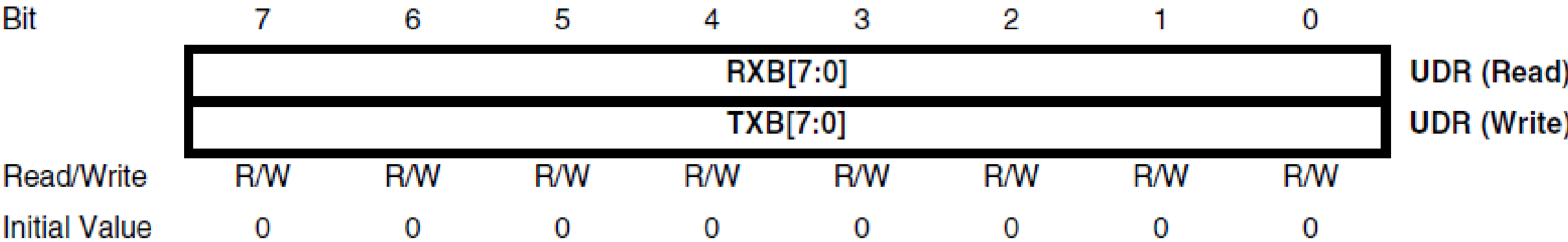




ثبات نرخ باد USART شامل UBRRH و UBRRL



ثبات داده UDR-I/O USART





دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	fosc = 1.0000 MHz				fosc = 1.8432 MHz				fosc = 2.0000 MHz			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%
4800	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%
9600	6	7.0%-	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%
14.4k	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%
19.2k	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%
28.8k	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%
38.4k	1	-18.6%	2	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%
57.6k	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%
76.8k	—	—	1	-18.6%	1	-25.0%	2	0.0%	1	-18.6%	2	8.5%
115.2k	—	—	0	8.5%	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%
230.4k	—	—	—	—	—	—	0	0.0%	—	—	—	—
250k	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.0%
Max (1)	62.5 kbps		125 kbps		115.2 kbps		230.4 kbps		125 kbps		250 kbps	



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 3.6864 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 4.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 7.3728 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	95	0.0%	191	0.0%	103	0.2%	207	0.2%	191	0.0%	383	0.0%
4800	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%	95	0.0%	191	0.0%
9600	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%
14.4k	15	0.0%	31	0.0%	16	2.1%	34	-0.8%	31	0.0%	63	0.0%
19.2k	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%
28.8k	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%	15	0.0%	31	0.0%
38.4k	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%
57.6k	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%
76.8k	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%
115.2k	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%
230.4k	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%
250k	0	-7.8%	1	-7.8%	0	0.0%	1	0.0%	1	-7.8%	3	-7.8%
0.5M	—	—	0	-7.8%	—	—	0	0.0%	0	-7.8%	1	-7.8%
1M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	-7.8%
Max ⁽¹⁾	230.4 kbps		460.8 kbps		250 kbps		0.5 Mbps		460.8 kbps		921.6 kbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 8.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 11.0592 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 14.7456 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	207	0.2%	416	-0.1%	287	0.0%	575	0.0%	383	0.0%	767	0.0%
4800	103	0.2%	207	0.2%	143	0.0%	287	0.0%	191	0.0%	383	0.0%
9600	51	0.2%	103	0.2%	71	0.0%	143	0.0%	95	0.0%	191	0.0%
14.4k	34	-0.8%	68	0.6%	47	0.0%	95	0.0%	63	0.0%	127	0.0%
19.2k	25	0.2%	51	0.2%	35	0.0%	71	0.0%	47	0.0%	95	0.0%
28.8k	16	2.1%	34	-0.8%	23	0.0%	47	0.0%	31	0.0%	63	0.0%
38.4k	12	0.2%	25	0.2%	17	0.0%	35	0.0%	23	0.0%	47	0.0%
57.6k	8	-3.5%	16	2.1%	11	0.0%	23	0.0%	15	0.0%	31	0.0%
76.8k	6	-7.0%	12	0.2%	8	0.0%	17	0.0%	11	0.0%	23	0.0%
115.2k	3	8.5%	8	-3.5%	5	0.0%	11	0.0%	7	0.0%	15	0.0%
230.4k	1	8.5%	3	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	3	0.0%	7	0.0%
250k	1	0.0%	3	0.0%	2	-7.8%	5	-7.8%	3	-7.8%	6	5.3%
0.5M	0	0.0%	1	0.0%	—	—	2	-7.8%	1	-7.8%	3	-7.8%
1M	—	—	0	0.0%	—	—	—	—	0	-7.8%	1	-7.8%
Max ⁽¹⁾	0.5 Mbps		1 Mbps		691.2 kbps		1.3824 Mbps		921.6 kbps		1.8432 Mbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%