سرفصل های دوره

- **آشنایی با میکروکنترلرهای** AVR
- **مروری بر اصول زبان برنامه نویسی** C **مقدماتی**
- **کار با واحد** I/O (Input/Output)
- **آشنایی با واحد وقفه** (Interrupt)
- **آشنایی کامل با واحد تایمر و کانتر** (Timer/Counter)
- **آشنایی با مبدل آنالوگ به دیجیتال** ((Analog Digital Conversion (ADC
- **آشنایی با واحد ارتباط سریال آسنکرون** ((Universal Asynchronous Serial Receiver and Transmitter (UART
- **راه اندازی واحد** SPI (Serial Peripheral Interface)
- **انجام چندین پروژه عملی و مثال کاربردی برای هر بخش به صورت شبیه سازی و پیاده سازی سخت افزاری**

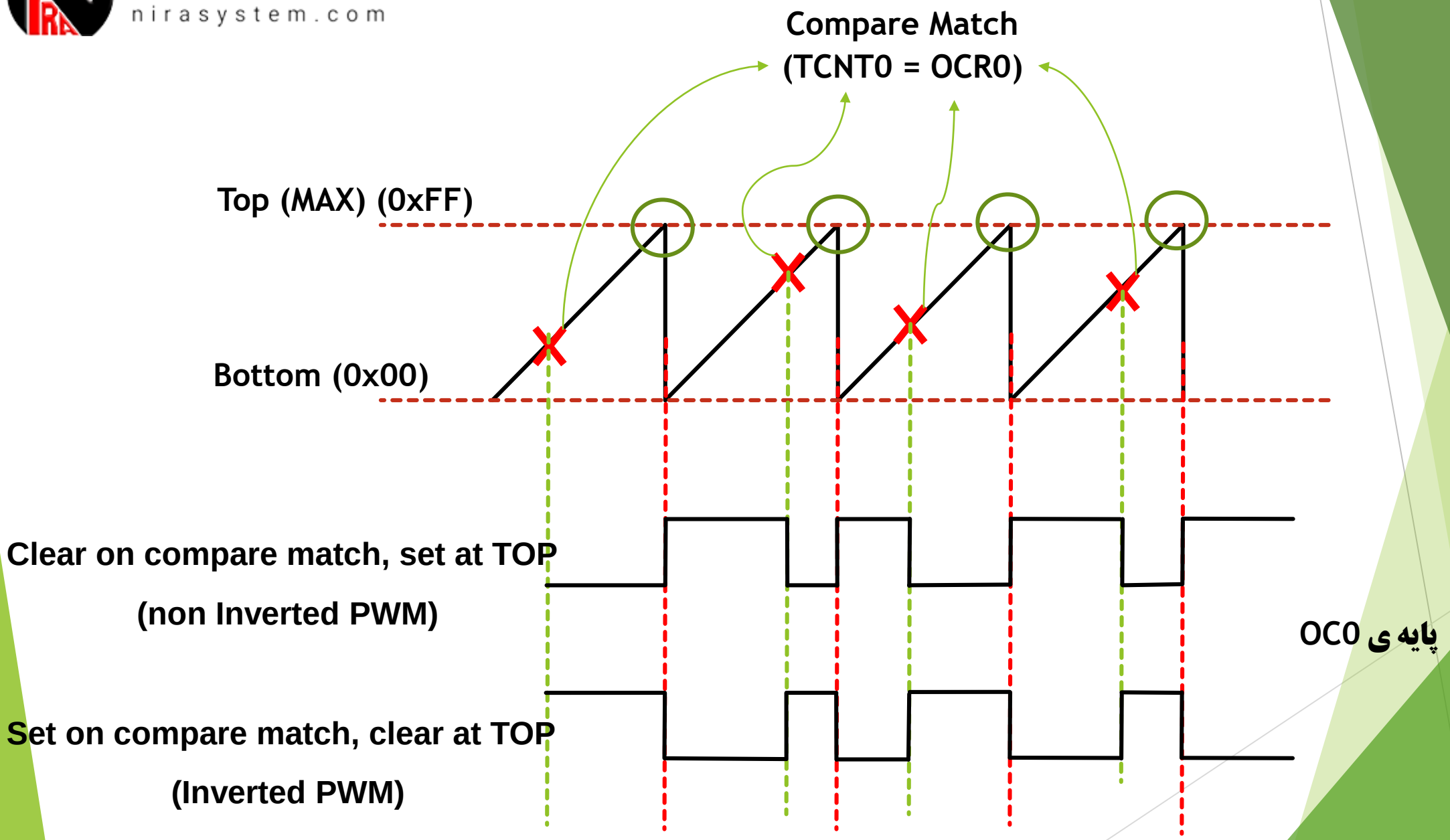
❖ **عملکرد Timer0 در مد Fast PWM**

PWM: Pulse Width Modulation (مدولاسیون عرض پالس)

در این مدولاسیون پهنای پالس تولیدی را می توان تحت کنترل داشت.

کاربردها: کنترل دور موتورهای AC و DC، منابع تغذیه سوئیچینگ، ساخت مبدل های دیجیتال به آنالوگ (DAC) و ارسال اطلاعات.

- **در این مد عملکرد تایمر، شمارنده از مقدار صفر (Bottom) به صورت بالاشمار تا مقـــدار MAX خـــود (0xFF) مـــی شمارد و در هر لحظه مقدار شمارنده TCNT0 با مقدار رجیستر OCR0 مقایسه می شود. به محض مساوی شدن این دو مقدار، Compare Match رخ می دهد و همچنان تایمر به شمارش خود ادامه می دهد. زمانی که تایمر بـــه مقـــدار Top رسید سرریز (Overflow) کرده و مجدداً از مقدار Bottom شروع به شمارش می کند.**
- **در این مد پایه ی OC0 در دو حالت تغییر وضعیت می دهد: ۱– در حالت تطابق ۲– در زمان سرریز تایمر**


Compare Match
(TCNT0 = OCR0)
Top (MAX) (0xFF)
Bottom (0x00)
Clear on compare match, set at TOP
(non Inverted PWM)
Set on compare match, clear at TOP
(Inverted PWM)
پایه ی OC0

مثال: رابطه ی فرکانس و dutycycle موج PWM ایجاد شده روی پایه ی OC0 را در مد Fast PWM برای دو حالت Inverted و Non Inverted بدست آورید.

❖ **رجیسترهای مربوط به تنظیمات تایمر صفر در مد Fast PWM**

- **رجیستر کنترل تایمر / کانتر صفر (Timer/Counter0 Control Register (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	

Waveform Generation Mode

Table 38. Waveform Generation Mode Bit Description(1)

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	TOP	MAX

:Compare Match Output Mode

Table 40. Compare Output Mode, Fast PWM Mode(1)

COM01	COM00	Description
0	0	Normal port operation, OC0 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC0 on compare match, set OC0 at TOP (non Inverted PWM)
1	1	Set OC0 on compare match, clear OC0 at TOP (Inverted PWM)

- سایر رجیسترها اعم از TCNT0, OCR0, TIMSK و TIFR قبلاً توضیح داده شد که در اینجا نیز عملکرد کاملاً مشابه دارند.

مثال: با استفاده از دو عدد push Button و مد Fast PWM تایمر صفر یک دیمر برای نور LED بسازید.

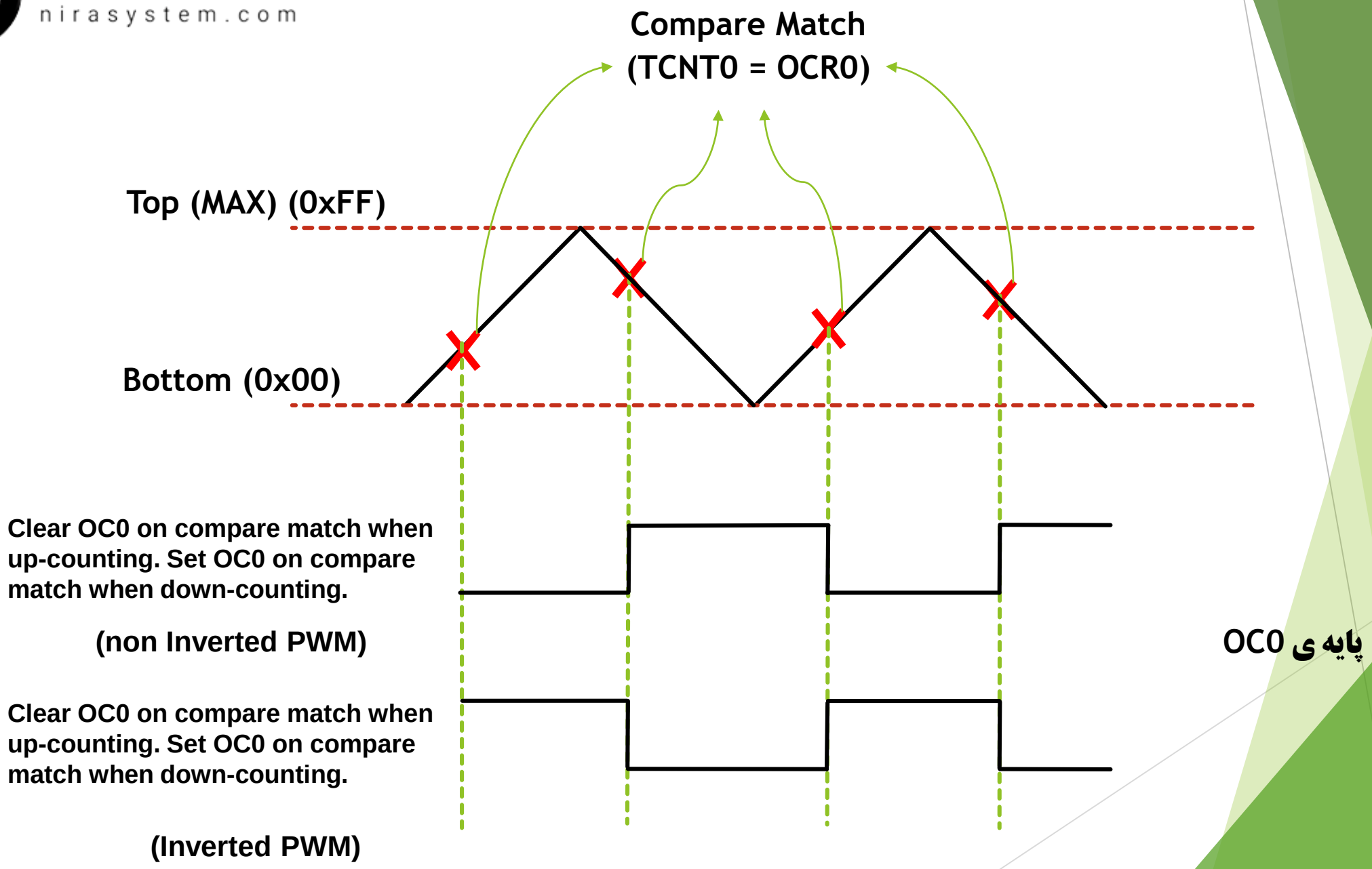
❖ عملکرد Timer0 در مد Phase Correct PWM

- در این مدِ عملکرد تایمر، شمارنده از مقدار صفر (Bottom) به صورت بالاشمار تا مقدار MAX خود (0xFF) و سپس از مقدار MAX تا مقدار Bottom به صورت پایین شمار، می شمارد. در هر لحظه مقدار شمارنده TCNT0 بـــا مقـــدار رجیستر OCR0 مقایسه می شود. به محض مساوی شدن این دو مقدار، Compare Match رخ می دهد. با این تفسیر در هر سیکل، compare match در دو نقطه اتفاق می افتد. یکی در زمان بالا شمار (up counting) و دیگری در حالت پایین شمار بودن تایمر (down counting).

- در این مد پایه ی OC0 در دو حالت تغییر وضعیت می دهد:

۱– در حالت تطابق هنگام up counter

2– در حالت تطابق هنگام down counter


Compare Match
(TCNT0 = OCR0)
Top (MAX) (0xFF)
Bottom (0x00)
Clear OC0 on compare match when up-counting. Set OC0 on compare match when down-counting.
(non Inverted PWM)
Clear OC0 on compare match when up-counting. Set OC0 on compare match when down-counting.
(Inverted PWM)

پایه ی OC0

مثال: رابطه ی فرکانس و dutycylce موج PWM ایجاد شده روی پایه ی OC0 را در مد Phase Correct PWM برای دو حالت Inverted و Non Inverted بدست آورید.

❖ **رجیسترهای مربوط به تنظیمات تایمر صفر در مد Phase Correct PWM**

- **رجیستر کنترل تایمر / کانتر صفر (Timer/Counter0 Control Register (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	

Waveform Generation Mode

Table 38. Waveform Generation Mode Bit Description(1)

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	TOP	MAX

:Compare Match Output Mode

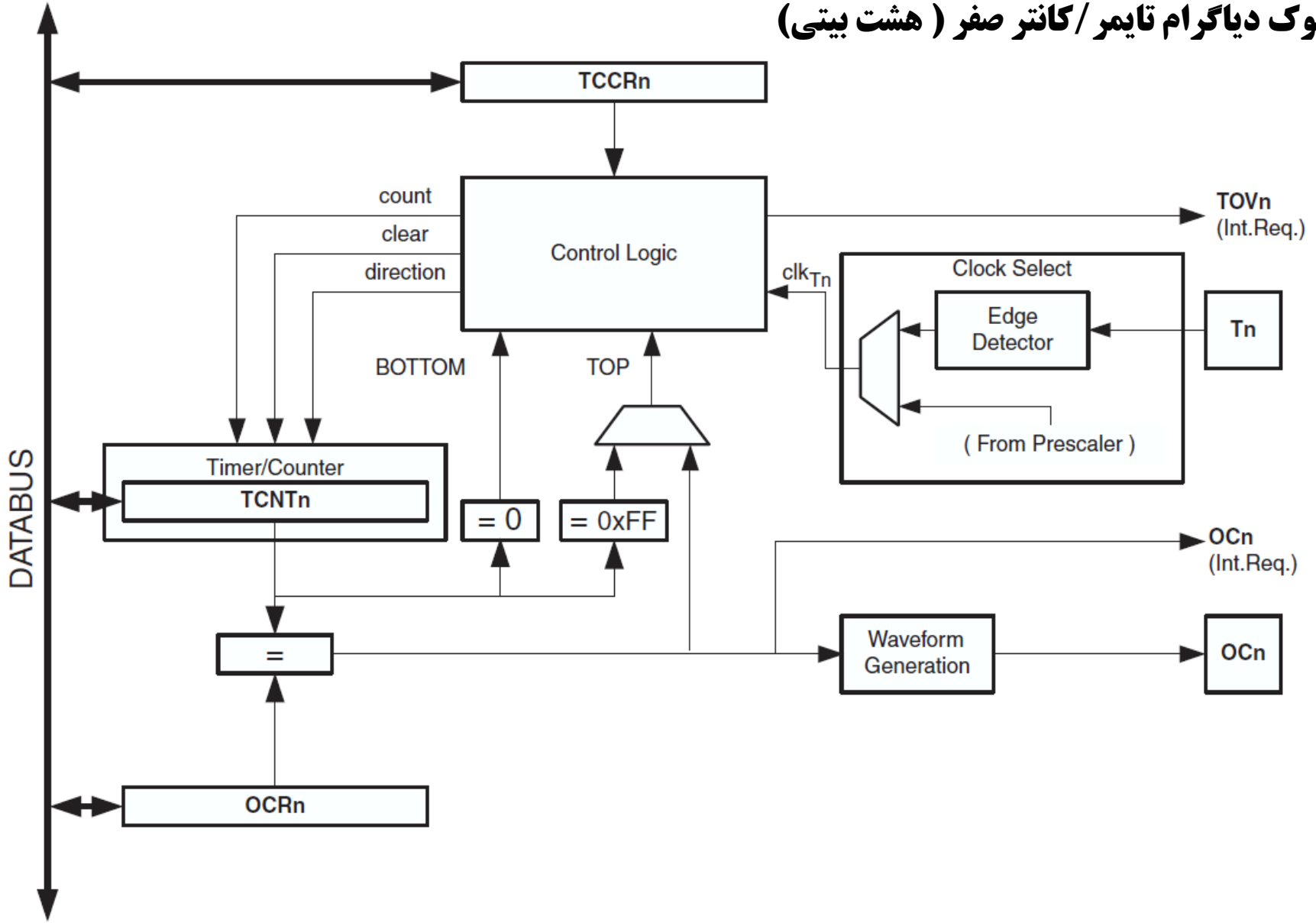
Table 41. Compare Output Mode, Phase Correct PWM Mode[1]

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 downcounting.	(non Inverted PWM)
1	1	Set OC0 on compare match when up-counting. Clear OC0 on compare match when downcounting.	(Inverted PWM)

- سایر رجیسترها اعم از TCNT0, OCR0, TIMSK و TIFR قبلاً توضیح داده شد که در اینجا نیز عملکرد کاملاً مشابه دارند.

مثال: با استفاده از دو عدد push Button و مد Phase Correct PWM تایمر صفر یک دیمر برای نور LED بسازید.

❖ بلوک دیاگرام تایمر/کانتر صفر (هشت بیتی)



❑ بررسی Timer/Counter2

- **عملکرد این تایمر مشابه تایمر صفر در حالت پیشرفته می باشد. رجیسترهای آن نیز مشابه تایمر/کانتر صفر است با این تفاوت که به جای پسوند صفر در رجیسترها و بیت ها، عدد دو جایگزین می شود.**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	TCCR2
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	

Table 50. Waveform Generation Mode Bit Description(1)

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	TOP	MAX

Table 51. Compare Output Mode, non-PWM Mode

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

Table 52. Compare Output Mode, Fast PWM Mode(1)

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on compare match, set OC2 at TOP
1	1	Set OC2 on compare match, clear OC2 at TOP

Table 53. Compare Output Mode, Phase Correct PWM Mode(1)

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.

Table 54. Clock Select Bit Description

CS22	CS21	CS20	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	clk_{T2S}/(No prescaling)
0	1	0	clk_{T2S}/8 (From prescaler)
0	1	1	clk_{T2S}/32 (From prescaler)
1	0	0	clk_{T2S}/64 (From prescaler)
1	0	1	clk_{T2S}/128 (From prescaler)
1	1	0	clk_{T2S}/256 (From prescaler)
1	1	1	clk_{T2S}/1024 (From prescaler)

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	
	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	

مثال: برنامه ای بنویسید که در آن بتوان dutycycle یک موج PWM را با استفاده از یک دیپ سوئیچ تغییـــر داد. (از تایمر ۲ استفاده کنید و مد تایمر را در حالت Phase Correct PWM و Non-Inverted قرار دهید و مقدار OCR2 را با استفاده از یک دیپ سوئیچ که متصل به پورت A میکرو می باشد، تغییر دهید).

تمرین۱– با استفاده از مد نرمال تایمر صفر و مد CTC تایمر دو، یک موج Fast PWM بر روی پایه ی PB.0 بسازید.

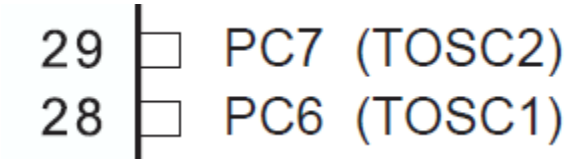
تمرین۲– برنامه ای بنویسید که بتوان درصد dutycycle یک موج Fast PWM را با استفاده از یک keypad تعیـــین کرد و روی lcd نمایش داد (با استفاده از تایمر صفر).

تمرین۳– برنامه ای بنویسید که بتوان فرکانس یک موج Fast PWM را با استفاده دو عدد Push button کم و زیـــاد کرد و به طور همزمان dutycycle آن را نیز توسط دو عدد Push button دیگر تغییر داد (با استفاده از تایمر دو).

❑ تفاوت تایمر صفر و تایمر دو

تایمر صفر می تواند هم در مد تایمری کار کند و هم در مد کانتری. اما در تایمر دو مد کانتری با قابلیت دیگری جـــایگزین شده است.

تایمر دو می تواند توسط یک منبع کلاک همزمان داخلی (کلاک سیستم و یا تقسیمی از آن) و یا یـــک منبـــع کـــلاک غیـــر همزمان خارجی زمان بندی شود. این منبع کلاک خارجیِ غیر همزمان، کـــه بـــه واحـــد (Real Time Clock (RTC)) موسوم است به پایه های TOSC1 و TOSC2 متصل می شود. کاربرد این واحد برای ایجاد زمان دقیق یـــک ثانیـــه بـــرای کارهای زمان سنجی می باشد که می توان با آن ساعت نسبتاً دقیق تری ساخت. چنانچه یک کریستال خارجی بـــا مقـــدار 32/768KHz به پایه های آن متصل شود و مقدار prescaler بر روی ۱۲۸ تنظیم شود، به ازای هر بار ســـرریز کامـــل تایمر، زمان یک ثانیه ایجاد می شود.



❖ رجیستر مربوط به تنظیم واحد RTC

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	

بیت AS2:
- 0: فعال سازی تایمر ۲ با استفاده از کلاک همزمان داخلی
- 1: فعال سازی تایمر ۲ با استفاده از کلاک غیر همزمان خارجی (فعال شدن واحد RTC)

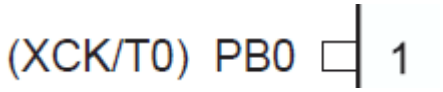
- سایر بیت های این رجیستر، بیت های وضعیت می باشد که فقط خواندنی هستند و از روی آنها می توان فهمید مقـــادیر رجیسترهای TCCR2، OCR2 و TCNT2 کی به روز شده اند و آیا آماده ی دریافت مقدار جدید هستند یا خیر؟

مثال: با استفاده از واحد RTC تایمر ۲ یک برنامه ی ساعت بنویسید و آن را روی lcd کاراکتری نمایش دهید.

تمرین ۴– با استفاده از مثال فوق، یک ساعت دیجیتالی آلارم دار بسازید که بر روی lcd کاراکتری نمایش داده شود و بـــا استفاده از دو عدد push button که متصل به وقفه ی خارجی می باشد، قابل تنظیم باشد. همچنین با استفاده از یک کلید سوم تعیین کنید ساعت در مد تنظیم ساعت باشد یا در مد تنظیم آلارم. در زمان آلارم تنظیم شده، بازر به صدا در آید.

- **عملکرد تایمر صفر در مد کانتر**

مثال: تایمر صفر را در مد کانتر راه اندازی کنید و تعداد دفعات فشرده شدن یک کلیـــد را روی lcd **نمـــایش دهیـــد. چنانچه تعداد دفعات شمارش به عدد ۱۰ رسید کانتر سرریز کرده و مجدداً از صفر بشمارد.**



تمرین۵– با استفاده از کانتر صفر یک فرکانس متر بسازید.