

04 ADC

5 Mayıs 2021 Çarşamba 08:02

03 ADC

Giriş

- Doğada var olan bütün fiziksel büyüklükler (ısı, ışık, ses, zaman vs.) analog büyülüklük kavramına girer.
- Dünyadaki herhangi bir şeyi dijital sistemlerimiz ile ölçmek, değerlendirmek, işlemek ve bu değerlere göre işlem yapabilmek için ADC (Analog Digital Converter) ihtiyaç vardır.
- ADC modülleri gerek harici, gerek dahili olsun hepsi bir referans voltajı ihtiyaç duyarlar. Genellikle mikroişlemcilerde referans voltajı işlemcinin besleme gerilimidir. Bu değer aynı zamanda ayarlar yapılarak harici olarak verilebilir.
- STM32'de 12-bit ADC, ardışık yaklaşım prensibine dayanan bir analog-dijital çeviricidir. Bu çevirici, 16 harici kaynaktan, iki dahili kaynaktan ve VBAT kanalından gelen sinyalleri ölçebilmek için en fazla 19 multiplexli kanala sahiptir. Kanalların A/D dönüşümü single, continuous, scan veya discontinuous modda gerçekleştirilebilir. ADC'nin sonucu, sola ya da sağa hizalanmış 16-bit veri kaydına depolanır.
- Analog watchdog özelliği, uygulamanın giriş voltajının kullanıcı tanımlı üst veya alt sınırları aşmasını algılamasına olanak tanır.

Çözünürlük

- ADC'ler 10, 12, 16, 24 vb. bit çözünürlükte bulunurlar.
- STM32F407'de ADC'ler 6, 8, 10 ve 12 bit çözünürlükte çalışabilirler ve referans voltajı default 3.3V'dur.
- ADC modülün 10 bit olduğunu düşünelim. $2^{10} = 1024$ değeri okunacak maksimum değerdir yani $0V = 0$, $3.3V = 1023$ değeri bize döner. Buradan her bit değerinin alacağı voltaj değerini $3.3 / 1024 = 0.0032$ olarak buluruz. Buradan da biz ADC modülünden okuduğumuz değeri bu ifade ile çarparsak voltaj değerini buluruz. 640 değeri için $640 * 0.0032 = 2.048$ V olarak buluruz.
- STM32F407'de 0 - 3.6V aralığında ölçümler yapılmaktadır. Buradaki voltaj aralığında ADC birimin beslemesi (VDDA-VSSA) ile ilgili bir durumdur.
- ADC birimin besleme voltajı (VDD) ve referans gerilimi (VREF), ADC birimin ölçüleceği gerilim aralığını belirler.
- Her ne olursa olsun ADC birimi 3.6V'dan fazlasını ölçemez.
- Analog bir değerden dijital bir değer dönüşüm yapılrken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlardan en önemlisi, ölçülecek analog gerilim değerinin dönüşümü yapacak çipin **ölçüm aralığında** olması gereklidir. Diğer en önemli nokta, ölçüm yapılacak **hassasiyetin belirlenmesi** ve buna uygun bir genişliğinde bir dönüştürücü seçilmelidir.
- Ölçüm hassasiyetinde önemli olan dönüşüm yapacak sistemin bir çözünürlüğüdür.

Resolution = $VREF/(2^{n-1})$

Örneğin 0 - 3.3V aralığı arasındaki ölçüm yapabilen bir ADC ölçüm ünitesinin ölçüleceği minimum değer yaklaşık olarak formülinden 8 bit çözünürlük için 12mV, 8 bit çözünürlük için 3,2mV, 12 bit çözünürlük için 805uV'tur.

- Çözünürlük arttıkça (bit sayısı arttıkça), ADC'nin ölçüleceği minimum voltaj değeri küçülür ve bu da daha hassas ölçümler yapabilmeyi sağlar.

Cevrim Süresi

- <https://controllerstech.com/adc-conversion-time-frequency-calculation-in-stm32/> linkten ADC için cevrim süresinin nasıl hesaplandığı ile ilgili yazıyı okuyabiliriz.
- STM32F407'de ADC birimin ulaşabileceği maximum hız 36 MHz'dir. Bu hız aynı zamanda ADC çözünürlüğü ile ters orantılıdır. Çözünürlük arttıkça ADC birimin ölçüm hızı düşmektedir.

ÇÖZÜNÜRLÜK	ADC ÇEVİRİM HIZI
12 Bit	12 Cycle
10 Bit	10 Cycle
8 Bit	8 Cycle
6 Bit	6 Cycle

- Cevrim süresi hesabı için üç değere ihtiyaç var. Bunlar Cycles, Sampling Time ve Clock'tur.
- Cycles değeri seçilen Resolution değerine bağlıdır.
- Sampling Time ve Clock değerleri ise istediğimiz cevrim süresine göre değiştirebiliriz.
- Clock değeri ADC'nin bağlı olduğu clock hattına bağlıdır.
- Tüm işlemcilerde aynı mantıktır fakat formül işlemciye göre farklılık gösterebilir bunun için kaynaklardan

bakılması gereklidir.

Sampling time + Cycles

$$T_{conv} = \frac{\text{ADC CLOCK}}{\text{Sampling time + Cycles}}$$

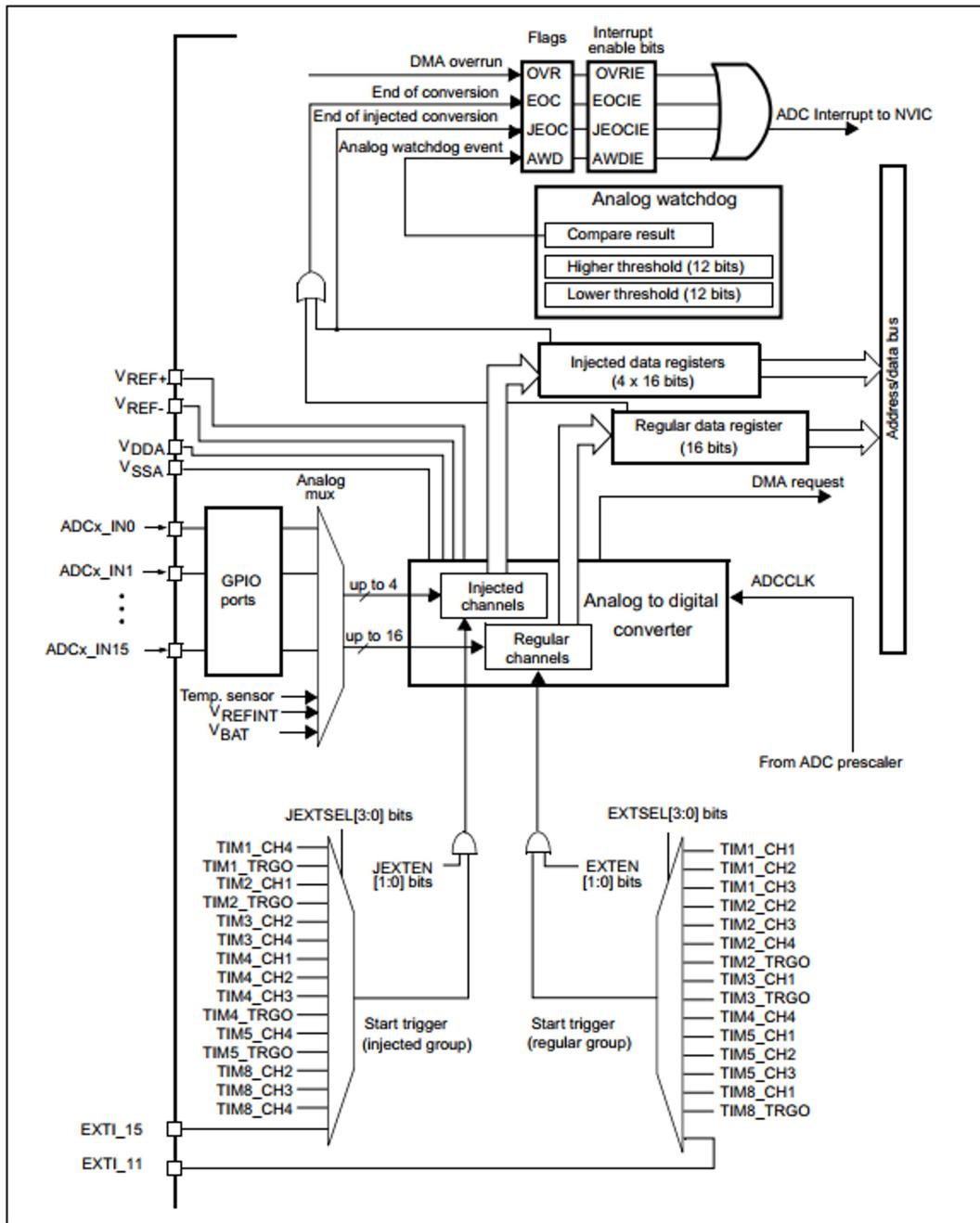
Çalışma Modları

- **Single Conversion Mode** (Tek Dönüşüm Modu): Bu mod, bir tek dönüşüm gerçekleştirildikten sonra ADC'nin otomatik olarak durmasını sağlar. Her dönüşüm, başlatma komutu ile başlatılır ve tamamlandığında ADC otomatik olarak durur.
- **Continuous Conversion Mode** (Sürekli Dönüşüm Modu): Bu modda ADC, başlatıldığı andan itibaren sürekli olarak dönüşümler gerçekleştirir. Otomatik durma olmadığı için dönüşümler devam eder, kullanıcı tarafından durdurulana kadar devam eder.
- **Scan Mode** (Tarama Modu): Bu modda ADC, belirli bir kanal listesini otomatik olarak tarama yeteneğine sahiptir. Tarama modu, birden fazla kanalı tek bir dönüşüm başlatma komutu ile sırayla ölçmeyi sağlar.
- **Discontinuous Mode** (Kesikli/Süreksiz Mod), kullanıcı belirli bir kanal listesinin ardışık olarak ölçülmesini sağlayabilir. Ancak, kanal arasında belirli bir gecikme bulunabilir.

Ölçüm Yöntemleri

- ADC ölçümlerini almak için kullanılan farklı yöntemler şunlardır: Polling, Interrupt ve DMA
- <http://www.elektrobot.net/stm32-adc-kullanimi-polling-interrupt-ve-dma/> ile <https://controllerstech.com/stm32-adc-single-channel/> linkten Polling, Interrup ve DMA metodu kullanarak yapılan örnekleri inceleyebiliriz.
- **Polling** yöntemi, mikrodenetleyici ADC'nin çevrim süresince farklı bir işlem yapmaz ve çevrimin bitmesini bekler. Yapılacak ölçümün çok hızlı olmasının gerekmemesi yada uzun zaman aralıklarında tek ölçüm yapılmasının yeterli olduğu durumlarda sıkılıkla kullanılır.
- **Interrupt** yöntemi, ADC dönüşümü tamamlandığında bir kesme çağrıları gerçekleşir. Böylece mikrodenetleyicinin başka işlerle meşgulken dahi ADC verilerini işlemesine izin verir. Daha karmaşık uygulamalarda, dönüşüm tamamlandığında hemen yanıt verilmesi gereken durumlar için uygundur. Verimli kullanım, mikrodenetleyicinin diğer görevlere odaklanması sağlar.
- **DMA** yöntemi, ADC sonuçları doğrudan belleğe kopyalanır, bu da CPU'nun dahil olmadan çalışmasına olanak tanır. Büyük veri setlerini hızlı bir şekilde işlemek ve mikrodenetleyicinin CPU'sunu diğer görevlere odaklamak için uygunudur. Bellek yönetimi konusunda dikkatlice ele alınması gerekebilir.
- DMA'nın Interrupt ile kullanımından en büyük farkı, ADC' nin çevrimi tamamladıktan sonra elde ettiği değeri hafıza bölgesine DMA tarafından yazılmasıdır. Böylece mikrodenetleyici hiç bir şekilde ADC işlemleri ile meşgul olmaz. Özellikle çok sayıda ölçümün ard arda ve hızlı yapılmasının istendiği durumlarda DMA kullanılır.

Birim Yapısı



Register

- **ADC_SR (Status Register)**, ADC durumunu izleyen bu register, dönüşüm tamamlandığında, taşıma veya analog bekçi olaylarının gerçekleştiğini belirten bayrakları içerir.
 - **ADC_CR1 (Control Register 1)**, Bu register, dönüşüm kesmelerini etkinleştirme, scan modunu kontrol etme, discontinuous modu ve enjekte dönüşümleri yönetme gibi temel ADC kontrol ayarlarını içerir.
 - **ADC_CR2 (Control Register 2)**, ADC'nin genel kontrolünü sağlayan bu register, ADC'nin etkinleştirilmesi, continuous conversion modu, DMA modu, kalibrasyon ve harici tetikleme seçenekleri gibi ayarları içerir.
 - **ADC_SMPR1 ve ADC_SMPR2 (Sampling Time Register 1 ve 2)**: Örnekleme süresini belirleyen bu registerler, her bir kanalın örnekleme süresini ayarlamınızı sağlar.
 - **ADC_DR (Data Register)**, Dönüşüm sonuçlarını depolar; yani ADC tarafından ölçülen analog sinyalin dijital karşılığını içerir.

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	ADC_CSR Reset value	Reserved					OVR	JSTRT	ADC3	OVR	JSTRT	ADC2	Reserve	ADC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x04	ADC_CCR Reset value	Reserved					Reserved		ADC3		ADC2		ADC1		TSVREFE	VBATE	ADCPRE[1:0]	DMA[1:0]	DDS	Reserve	DELAY [3:0]	Reserve	MULTI [4:0]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x08	ADC_CDR Reset value	Regular DATA2[15:0]										Regular DATA1[15:0]										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

- ADC'deki "common registerler," birden fazla ADC modülünün ortak kullanıldığı durumlar için genel ayarları ve durumu izlemek için tasarlanmış registerlardır. Bu registerlar, birden fazla ADC'nin ortak özelliklerini kontrol etmek ve izlemek için kullanılır.
- ADC_CSR (Common Status Register):** ADC modülünün genel durumunu gösteren bu register, özellikle birden fazla ADC'nin kullanıldığı durumlarda ortak durumu izlemek için kullanılır.
- ADC_CCR (Common Control Register):** Bu register, ortak ayarları içerir. Örneğin, referans voltajlarını (VREF+ ve VREF-) belirlemek gibi genel ADC kontrol parametrelerini içerir.
- ADC_CDR (Common Data Register):** Birden fazla ADC kullanıldığında, çeşitli ADC'lerden gelen verileri depolar.