

ESP32 SuperArduino

Ou tout ce que vous avez voulu savoir sur l'ESP32, enfin révélé

Le processeur ESP 32 bits Tensilica LX6 dual-core constitue le cœur des cartes SuperArduino.

Il inclut les connexions Wifi et Bluetooth LE(Low Energy).

Le nom de SuperArduino est justifié par le développement de logiciel pour le processeur ESP32 s'effectuant avec l'IDE Arduino comme pour les cartes Arduino standard.

Une comparaison des caractéristiques de ce processeur ESP32 avec le processeur 8 bits ATMEGA 328 d'une carte Arduino UNO donne le tableau suivant :

Caractéristiques	ESP 32	ATMEGA 328
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32 bits Dual-Core @ 240Mhz	ATMEGA 328 8 bits @ 16 Mhz
Mémoire vive	520 K octets	2 K octets
Mémoire Flash	32 M octets	32 K octets
Input Voltage	2.2 V - 3.6 V	2.7 V – 5.5 V
Wi-Fi	802.11b/g/n	-
Bluetooth®	4.2 BR/EDR + BLE	-
UART	3x UART	1
I2C	2	1
I2S	2	-
GPIO	32	22
PCM	1	-
PWM	8	-
ADC	12 bits SAR ADC jusqu'à 18 canaux	10 bits SAR ADC jusqu'à 8 canaux
DAC	8 bits jusqu'à 2 canaux	-

Pour tester et comparer ces 2 processeurs les cartes MH&Live Devkit pour l'ESP 32 (dont les caractéristiques figurent en annexe), et Arduino Nano et UNO pour l'ATMEGA 328, ont été utilisées

	Carte M&H LIVE DEVKIT	CARTE NANO
Alimentation	Tension d'alimentation de 3.3V à 7V	Tension d'alimentation 5V à 12V
Batterie	Alimentation et Gestion charge	-
Prix	4 € sur ebay et aliexpress	1,7 € sur ebay et aliexpress

Rapport de puissance entre ESP32 et ATMEGA 328

Pour tester la puissance de ces 2 processeurs, est effectué 1000 fois le calcul de la somme des carrés des nombres entiers de 1 à 1000 ($1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + 999^2 + 1000^2$)

Afin de vérifier l'absence d'erreur dans le code, le résultat à obtenir pour la somme des carrés est 333833500

Ce programme en pseudo code très simple en permet le calcul.

Répéter 1000 fois

| N = 1

| Faire Tant que N <= 1000

| | Somme ← Somme + N*N

| | N ← N+1

| Fin Faire Tant que

Fin Répéter

ESP32 sur M&HLIVE DevKit	16 834 Microsecondes
ATMEGA sur Uno	5 911 728 Microsecondes
ATMEGA sur Nano	5 911 728 Microsecondes

Le processeur ESP32 réalise 1 million de fois, 2 additions et 1 multiplication, en 16,834 ms soit 59 millions de fois par seconde alors que le processeur Atmega328P de la carte Arduino Nano ne réalise ces mêmes opérations que 0,16 millions de fois par seconde.

Le processeur ESP32 dans ce cas est 350 fois plus puissant que le processeur ATMEGA328P

En étudiant la structure de ces 2 processeurs on constate :

le traitement des données est effectué en une seule instruction sur 32 bits par l'ESP32 alors que l'ATMEGA 328 ne traite en une seule instruction que les données sur 8 bits.

Multiplication 32 bits par 32 bits

- ESP32 : 1 cycle
- ATMEGA nécessite 16 multiplications 8bits par 8 bits de 2 cycles et 16 additions de 2 cycles soit au total 64 cycles

2 Additions 32 bits avec 32 bits

- ESP32 : 2 cycles
- ATMEGA 2 additions de 4 cycles soit au total 8 cycles

Test de fin de boucle sur entier 16 bits

- ESP32 1 cycle
- ATMEGA 2 cycles

L'ESP32 ne nécessite que $1+2+1 = 4$ cycles et l'ATMEGA nécessite $64 + 8 + 2 = 74$ cycles soit un rapport de $74/4 = 18,5$.

L'horloge du processeur ESP32 est de 240 MHz est 15 fois plus rapide que l'horloge 16 MHz du processeur ATMEGA328. Au total de manière théorique, le rapport de puissance est donc de $18,5 * 15 = 277,5$ ce qui est du même ordre de grandeur que la valeur de 350 obtenue avec le calcul de test.

Puissance du double cœur ESP32

Le processeur ESP32 possède 2 cœurs identiques, permettant d'exécuter en parallèle deux tâches différentes, chacune sur un cœur.

Par une répartition « judicieuse » des calculs, le temps de calcul peut être pratiquement divisé par 2.

En reprenant le test précédent, une 1ère tâche calcule la somme des carrés des nombres entiers de 1 à 500 ($1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + 499^2 + 500^2$)

Une 2ème tâche calcule la somme des carrés des nombres entiers de 501 à 1000 ($501^2 + 502^2 + 503^2 + 504^2 + \dots + 999^2 + 1000^2$)

La 1ère tâche exécutée sur le 1^{er} cœur, donne pour résultat S1 = 41791750 et dure 8446 Micros

La 2ème tâche exécutée sur le 2ème cœur donne pour résultat S2 = 292041750 et dure 8433 Micros

Avec la somme de ces 2 résultats S1+S2 = 333833500, on obtient bien le même résultat que lors de l'exécution d'un seul cœur.

Le temps obtenu pour réaliser ces 2 tâches en parallèle est de 8446 Micros soit quasiment la moitié du temps de 16834 obtenu avec un seul processeur.

Avec ses 2 cœurs le processeur ESP32 est 700 fois plus puissant que l'ATMEGA 328

Nota : RTOS

Le temps d'exécution sur le 1^{er} cœur est un peu plus long que sur le 2ème car en plus du calcul dévolu à la tâche, le 1^{er} cœur exécute le logiciel RTOS (système d'exploitation temps réel) qui permet la gestion globale des tâches sur les 2 cœurs.

En utilisant l'environnement classique de développement logiciel IDE Arduino, le code logiciel développé s'exécute de manière transparente pour le développeur comme tâche du 1^{er} cœur.

En utilisant les services RTOS, le développeur crée des tâches s'exécutant sur le cœur de son choix.

Benchmark Dhrystone, comparaison avec d'autres processeurs

Le benchmark Dhrystone est un programme de tests de performances créé en 1984, pour étalonner les processeurs en calcul sur les nombres entiers et en traitement des chaînes de caractères.

2 copies du programme Dhrystone sont lancées, chacune sur 1 des 2 cœurs de l'ESP32 et s'exécutent en parallèle.

Les résultats de ces tests sont pour l'ESP32 :

- 309830.04 Dhrystones per Second sur le 1er cœur équivalent à 176 VAX MIPS
- 311100.63 Dhrystones per Second sur le 2ème cœur équivalent à 177 VAX MIPS

La référence est le mythique ordinateur DEC VAX 11/780 des années 80 (*d'un cout de 1 millions de Francs soit environ 20 années de SMIC de l'époque*), avec 1 VAX MIPS valant 1757 Dhrystones par secondes.

En moins de 40 ans pour un cout de 4 € (soit 0,27 % d'un SMIC mensuel 2019) la puissance totale du double cœur ESP32 est 350 fois supérieure d'où un rapport performance/cout de $0,27\%/350/0,27\%$ = soit environ 130.000 fois supérieur.

Cet accroissement par un facteur 130.000 du rapport performance/coût est bien l'indicateur de la formidable percée de l'électronique et du numérique associé, annonçant l'arrivée des objets connectés par milliards dans les prochaines années.

A titre de comparaison les résultats de ces tests pour d'autres ordinateurs très répandus

- Pentium 2 : 204 VAX MIPS
- Raspberry Pi3 B : 2446 VAX MIPS
- ATOM Z8300 : 3044 VAX MIPS (utilisé sur les PC sans disque dur à 200à 300 €)

Quant à l'Arduino Nano son score Dhrystone est de 9,81 VAX MIPS, réduisant l'écart à un facteur de 18, les opérations réalisées étant majoritairement sur les octets dont le rapport de puissance se situe entre 14 et 17 comme indiqué dans le paragraphe suivant.

Test détaillé par type d'opération

Ce test a été développé par la communauté Arduino pour évaluer les différentes cartes Arduino.

Les différences de puissance les plus importantes entre l'ESP32 et l'ATMEGA 328 se situent sur les divisions (*789 sur des entiers longs de 32 bits, 358 sur des flottants et 264 sur des entiers 16 bits*) et les multiplications (*113 sur des entiers longs de 32 bits, 147 sur des flottants et 26 sur des entiers 16 bits*)

Les fonctions itoa() et ltoa() servent à convertir les entiers 16 bits et 32 bits en nombres décimaux.

Fréquence en MHz	15	240 MHz	16 MHz
		ESP32	ATMEGA 328
	Rapport puissance	Durée en microsecondes	Durée en microsecondes
nop	16	0,004	0,063
digitalRead	36	0,141	5,032
digitalWrite	38	0,109	4,157
pinMode	2	2,651	4,470
multiplication octet	17	0,037	0,632
division octet	110	0,049	5,410
addition octet	14	0,032	0,443
multiplication entier	26	0,053	1,387
division entier	264	0,054	14,277
addition entier	17	0,053	0,883
multiplication long	113	0,054	6,102
division long	789	0,049	38,662
addition long	33	0,053	1,762
multiplication flottant	147	0,054	7,930
division flottant	358	0,224	80,162
addition flottant	187	0,054	10,107
itoa()	19	0,699	12,952
ltoa()	180	0,699	126,087
dtostrf()	7	11,149	78,612
random()	136	0,674	91,387
y = (1<<x)	13	0,045	0,569
bitSet()	13	0,045	0,569
analogRead()	20	5,699	111,987
delay(1)		999999	1007987
delay(100)		100000	9999984
delayMicrosecondes(2)		2,716	0,757
delayMicrosecondes(5)		5,916	3,775
delayMicrosecondes(100)		100,549	99,337

Les 5 dernières lignes donnent les temps obtenus lors d'une demande de pause de 1s, 100s, 2 micros, 5 micros et 100 micros, permettant d'évaluer la précision de la durée effective de la pause.

Dépôt logiciels

Ces logiciels ont été placés sur le serveur github pour que vous puissiez les essayer, les modifier et les enrichir.

BENCHMARKS

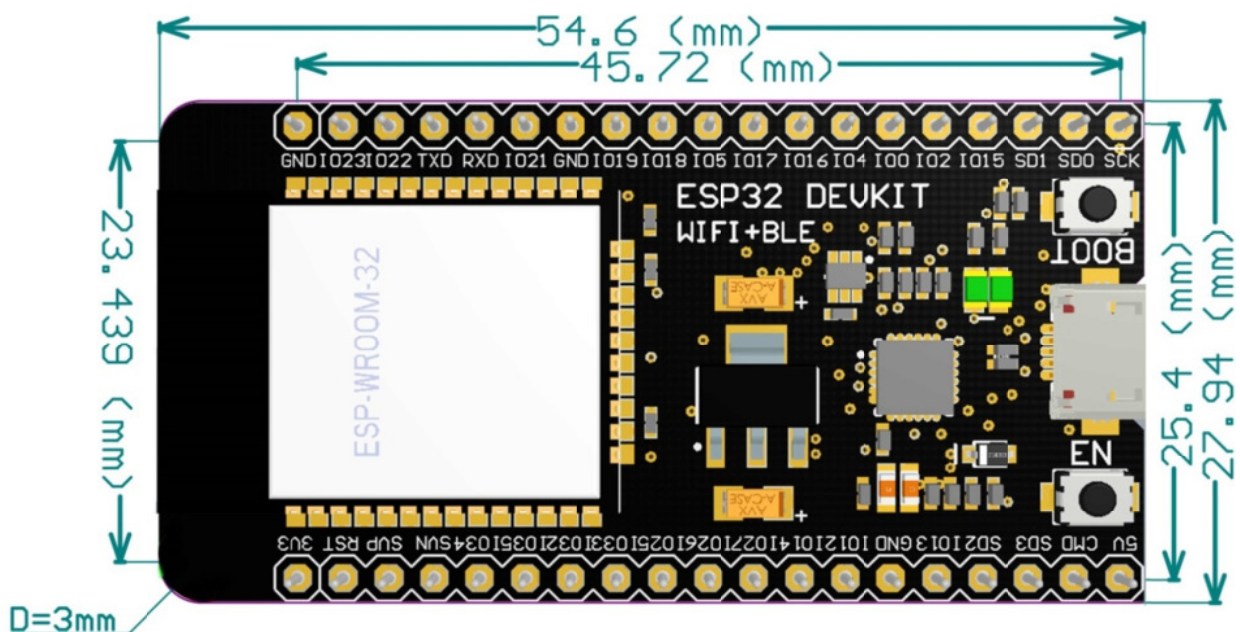
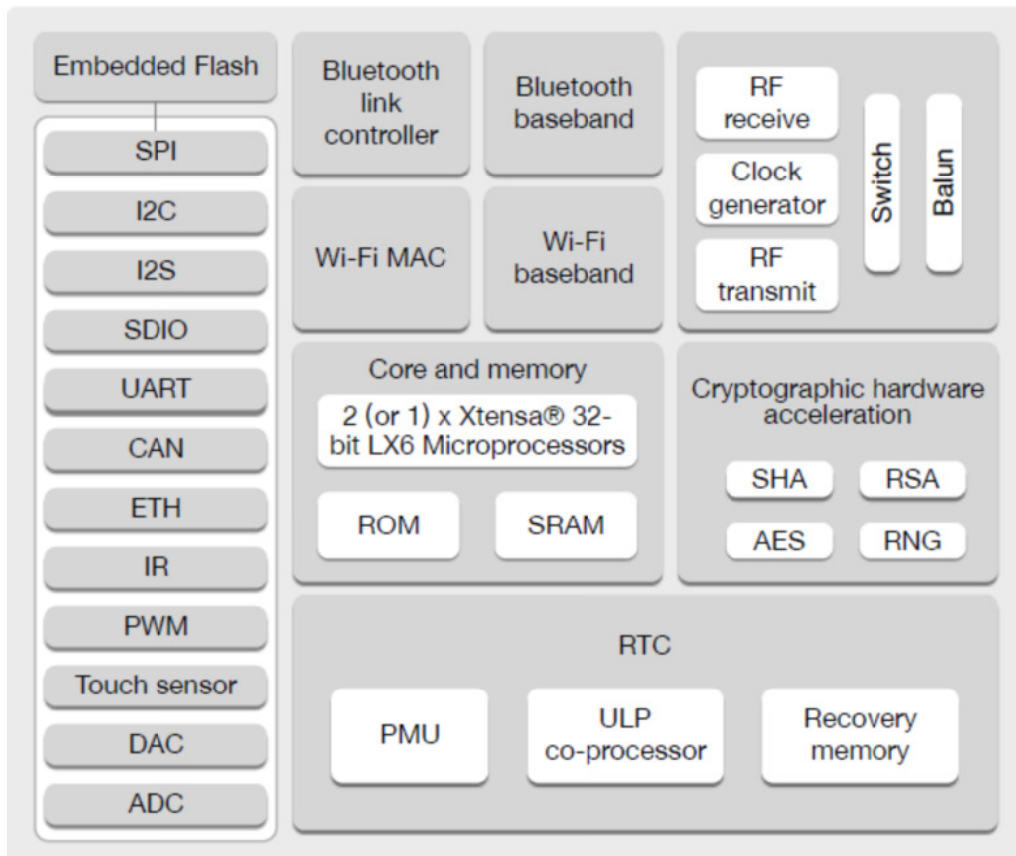
Les logiciels sont stockés dans le répertoire github :

<https://github.com/dnguyen76/Benchmarks>

Comparaison Calcul Nano.ino	Logiciel source pour le calcul de la somme des carrés de 1 à 1000
Comparaison Calcul dual core.ino	Logiciel source pour le calcul parallélisé sur les 2 cœurs de l'ESP32 somme des carrés de 1 à 500 sur le 1 ^{er} cœur et 501 à 1000 sur le 2 ^{ème} cœur
Dhrystone_benchmark.ino dhry.h	Logiciel source pour le benchmark dhrystone modifié pour Arduino et compatibles. * Basé sur les travaux de Ken Boak. * Modifié pour permettre l'exécution sur les cartes basé sur ATmega328 * Modifié par Gareth Halfacree <gareth@halfacree.co.uk>
Dhrystone benchmark dual core.ino dhry.h	Logiciel source pour le benchmark dhrystone modifié pour créer 2 tâches « dhrystone » exécutées en parallèles sur chacun des cœurs de l'ESP32

Annexe : Caractéristiques de la carte MH&LIVE DEVKIT

Le cœur de cette carte est le processeur ESP32 incluant Wifi 802.11n à 150 MHz, Bluetooth Low Energy, 34 GPIO, convertisseur Analogique Numérique 12 bits à 18 canaux, 2 convertisseurs Numérique Analogique 8 bits, 16 canaux PWM, etc....



ESP32 DEVKIT PINOUT

- Power
- GND
- Serial Pin
- Analog Pin
- Control
- Physical Pin
- Port Pin
- Touch Pin
- DAC Pin
- PWM Pin

