

RENDIMENT I CONSUM

Measures de Rendiment

Temps d'execució: Temps transcorregut entre inici i el final d'una única tasca. // Apps. mòbils.

Throughput: N° tasques completades per unitat de temps. // Per exemple, els servidors.

$$t_{\text{exe}} = N_{\text{cicles}} * \left(\frac{1}{f_{\text{clock}}} \right) \quad // \text{Tot i que aquí realment no es així, ja (més complicat)}.$$

Speedup: Quantes vegades més ràpid. $S = \frac{t_{\text{original}}}{t_{\text{millorat}}}$ Amb % NO.

$$N_{\text{cicles}} = I * CPI \quad t_{\text{exec}} = I * CPI * t_{\text{cicle}}$$

Llei d'Amdal

Temps orig. a la resolució de 6 tasques que milloren t_x tems. $P_x =$

$$S = \frac{t_{\text{orig}}}{t_{\text{mill}}} = \frac{1}{\frac{P_x}{S_x} + (1 - P_x)} \quad \text{Si millorem } S_x \text{ vegades una part } P_x \text{ llavors el guany és } S.$$

El màxim que podem millorar és $S = \frac{1}{1 - P_x}$

Measures de Consum

Grandaria Transistor $\downarrow \equiv$ Temps commutació transistors $\downarrow \equiv$ Freq. de relloctge \uparrow

Freq. relloctge $\uparrow \equiv$ Consum \uparrow

$$P_d = C \cdot V^2 \cdot f_{\text{clock}} \cdot \alpha \quad \text{Consum d'energia dinàmica} \quad E = P * t$$

$$P_s = I_{\text{Leak}} \cdot V \quad \text{Consum d'energia estàtica}$$

1.3. Traducim un prog. [...]

a) Quin dels tres exe. més ràpid? Quantes vegades més ràpid?

$$\nabla 1 \text{ GHz} = 1 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$T_{\text{exec } 1} = (2 \times 10^6) \cdot (1.5) \cdot (1/2 \times 10^9) = \frac{3 \times 10^6}{2 \times 10^9} = 1.5 \times 10^{-3} = T_{\text{exec } 1}$$

$$T_{\text{exec } 2} = (2 \times 10^6) \cdot (1) \cdot (1/2.5 \times 10^9) = \frac{2 \times 10^6}{2.5 \times 10^9} = 0.8 \times 10^{-3} = T_{\text{exec } 2}$$

$$T_{\text{exec } 3} = (1 \times 10^8) \cdot (0.75) \cdot (1/3 \times 10^9) = \frac{75 \times 10^9}{3 \times 10^9} = 25 \times 10^{-5} = T_{\text{exec } 3} \quad \text{Aquest és el més ràpid}$$

$$S = \frac{T_{\text{exec } 1}}{T_{\text{exec } 3}} = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-5}} = \frac{1.5 \times 10^{-3-(-5)}}{25} = \frac{1.5 \times 10^2}{25} = \frac{150}{25} = 6 = S_1$$

$$S = \frac{T_{\text{exec } 2}}{T_{\text{exec } 3}} = \frac{0.8 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-5}} = \frac{80}{25} = 3.2 = S_2$$

b) Sense conèixer (I) podem saber si el prog 1 exe més ràpid que Prog 2?

I amb Prog 3?

Només podem saber amb aquells que hagin sigut traduïts amb mateixa ISA.

$$\frac{1.5}{2 \times 10^9} = \frac{15 \times 10^{-1}}{2 \times 10^9} = \frac{1.5}{2 \times 10^{9-(-1)}} = \frac{1.5}{2 \times 10^{10}} = 7.5 \times 10^{-10} = P1$$

$$\frac{1}{2.5 \times 10^9} = 0.4 \times 10^{-9} = P2 \quad \text{Aquest és més ràpid} \quad -0.125 / 0.4$$

1.6. Processador 1 GHz

Arithmèti	Store	Load	Branch	Total
500 → 1 cicle	50 → 5 cicles	100 → 5 cicles	50 → 2 cicles	700

$$\text{Total Cicles} = 500 + 250 + 500 + 100 = 1350 = m^{\circ} \text{ cicles}$$

$$T_{\text{exec}} = m^{\circ} \text{ cicle} \cdot t_{\text{cicle}} = m^{\circ} \text{ cicle} \cdot \frac{1}{f_{\text{clock}}} = \frac{1350}{1 \times 10^9} = \frac{1.350 \times 10^3}{1 \times 10^9} = 1.350 \times 10^{-6} \text{ seg} = T_{\text{exec}}$$

$$\text{CPI} = \frac{M_{\text{cicle}}}{I} = \frac{1350}{700} = 1.92 = \text{CPI}$$

// Ara només fem 50 loads. Quin guany obtenim? ; CPI?

$$M^{\circ} \text{ cicles} = 1100 \text{ cicles}$$

$$\text{CPI} = \frac{1100}{650} = 1.69 = \text{CPI}$$

$$\text{Guany} = \frac{1350}{1100} \left[\frac{\text{Anterior}}{\text{P. lloc}} \right] = 1.23 = \text{Guany}$$

14	41	47	54	60	66	74	80	87	94	100	107	114	120	127	134	140	147	154	160	167	174	180	187	194	200	207	214	220	227	234	240	247	254	260	267	274	280	287	294	300	307	314	320	327	334	340	347	354	360	367	374	380	387	394	400	407	414	420	427	434	440	447	454	460	467	474	480	487	494	500	507	514	520	527	534	540	547	554	560	567	574	580	587	594	600	607	614	620	627	634	640	647	654	660	667	674	680	687	694	700	707	714	720	727	734	740	747	754	760	767	774	780	787	794	800	807	814	820	827	834	840	847	854	860	867	874	880	887	894	900	907	914	920	927	934	940	947	954	960	967	974	980	987	994	1000
15	42	48	55	61	68	75	81	88	95	101	108	115	121	128	135	141	148	155	161	168	175	181	188	195	201	208	215	221	228	235	241	248	255	261	268	275	281	288	295	301	308	315	321	328	335	341	348	355	361	368	375	381	388	395	401	408	415	421	428	435	441	448	455	461	468	475	481	488	495	501	508	515	521	528	535	541	548	555	561	568	575	581	588	595	601	608	615	621	628	635	641	648	655	661	668	675	681	688	695	701	708	715	721	728	735	741	748	755	761	768	775	781	788	795	801	808	815	821	828	835	841	848	855	861	868	875	881	888	895	901	908	915	921	928	935	941	948	955	961	968	975	981	988	995	1000
16	43	49	56	62	69	76	82	89	96	102	109	116	122	129	136	142	149	156	162	169	176	182	189	196	202	209	216	222	229	236	242	249	256	262	269	276	282	289	296	302	309	316	322	329	336	342	349	356	362	369	376	382	389	396	402	409	416	422	429	436	442	449	456	462	469	476	482	489	496	502	509	516	522	529	536	542	549	556	562	569	576	582	589	596	602	609	616	622	629	636	642	649	656	662	669	676	682	689	696	702	709	716	722	729	736	742	749	756	762	769	776	782	789	796	802	809	816	822	829	836	842	849	856	862	869	876	882	889	896	902	909	916	922	929	936	942	949	956	962	969	976	982	989	996	1000
17	44	50	57	63	70	77	83	90	97	103	110	117	123	130	137	143	150	157	163	170	177	183	190	197	203	210	217	223	230	237	243	250	257	263	270	277	283	290	297	303	310	317	323	330	337	343	350	357	363	370	377	383	390	397	403	410	417	423	430	437	443	450	457	463	470	477	483	490	497	503	510	517	523	530	537	543	550	557	563	570	577	583	590	597	603	610	617	623	630	637	643	650	657	663	670	677	683	690	697	703	710	717	723	730	737	743	750	757	763	770	777	783	790	797	803	810	817	823	830	837	843	850	857	863	870	877	883	890	897	903	910	917	923	930	937	943	950	957	963	970	977	983	990	997	1000
18	45	51	58	64	71	78	84	91	98	104	111	118	124	131	138	144	151	158	164	171	178	184	191	198	204	211	218	224	231	238	244	251	258	264	271	278	284	291	298	304	311	318	324	331	338	344	351	358	364	371	378	384	391	398	404	411	418	424	431	438	444	451	458	464	471	478	484	491	498	504	511	518	524	531	538	544	551	558	564	571	578	584	591	598	604	611	618	624	631	638	644	651	658	664	671	678	684	691	698	704	711	718	724	731	738	744	751	758	764	771	778	784	791	798	804	811	818	824	831	838	844	851	858	864	871	878	884	891	898	904	911	918	924	931	938	944	951	958	964	971	978	984	991	998	1000
19	46	52	59	65	72	79	85	92	99	105	112	119	125	132	139	145	152	159	165	172	179	185	192	199	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	279	285	292	299	305	312	319	325	332	339	345	352	359	365	372	379	385	392	399	405	412	419	425	432	439	445	452	459	465	472	479	485	492	499	505	512	519	525	532	539	545	552	559	565	572	579	585	592	599	605	612	619	625	632	639	645	652	659	665	672	679	685	692	699	705	712	719	725	732	739	745	752	759	765	772	779	785	792	799	805	812	819	825	832	839	845	852	859	865	872	879	885	892	899	905	912	919	925	932	939	945	952	959	965	972	979	985	992	999	1000
20	47	53	60	66	73	80	86	93	100	106	113	120	126	133	140	146	153	160	166	173	180	186	193	200	206	213	220	226	233	240	246	253	260	266	273	280	286	293	300	306	313	320	326	333	340	346	353	360	366	373	380	386	393	400	406	413	420	426	433	440	446	453	460	466	473	480	486	493	500	506	513	520	526	533	540	546	553	560	566	573	580	586	593	600	606	613	620	626	633	640	646	653	660	666	673	680	686	693	700	706	713	720	726	733	740	746	753	760	766	773	780	786	793	800	806	813	820	826	833	840	846	853	860	866	873	880	886	893	900	906	913	920	926	933	940	946	953	960	966	973	980	986	993	999	1000
21	48	54	61	67	74	81	87	94	101	107	114	121	127	134	141	147	154	161	167	174	181	187	194	201	207	214	221	227	234	241	247	254	261	267	274	281	287	294	301	307	314	321	327	334	341	347	354	361	367	374	381	387	394	401	407	414	421	427	434	441	447	454	461	467	474	481	487	494	501	507	514	521	527	534	541	547	554	561	567	574	581	587	594	601	607	614	621	627	634	641	647	654	661	667	674	681	687	694	701	707	714	721	727	734	741	747	754	761	767	774	781	787	794	801	807	814	821	827	834	841	847	854	861	867	874	881	887	894	901	907	914	921	927	934	941	947	954	961	967	974	981	987	994	999	1000
22	49	55	62	68	75	82	88	95	102	108	115	122	128	135	142	148	155	162	168	175	182	188	195	202	208	215	222	228	235	242	248	255	262	268	275	282	288	295	302	308	315	322	328	335	342	348	355	362	368	375	382	388	395	402	408	415	422	428	435	442	448	455	462	468	475	482	488	495	502	508	515	522	528	535	542	548	555	562	568	575	582	588	595	602	608	615	622	628	635	642	648	655	662	668	675	682	688	695	702	708	715	722	728	735	742	748	755	762	768	775	782	788	795	802	808	815	822	828	835	842	848	855	862	868	875	882	888	895	902	908	915	922	928	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995	1000	
23	50	56	63	69	76	83	89	96	103	109	116	123	129	136	143	149	156	163	169	176	183	189	196	203	209	216	223	229	236	243	249	256	263	269	276	283	289	296	303	309	316	323	329	336	343	349	356	363	369	376	383	389	396	403	409	416	423	429	436	443	449	456	463	469	476	483	489	496	503	509	516	523	529	536	543	549	556	563	569	576	583	589	596	603	609	616	623	629	636	643	649	656	663	669	676	683	689	696	703	709	716	723	729	736	743	749	756	763	769	776	783	789	796	803	809	816	823	829	836	843	849	856	863	869	876	883	889	896	903	909	916	923	929	936	943	949	956	963	969	976	983	989	996	1000	
24	51	57	64	70	77	84	90	97	104	110	117	124	130	137	144	150	157	164	170	177	184	190	197	204	210	217	223	230	236	243	249	256	263	269	276	283	289	296	303	309	316	323	329	336	343	349	356	363	369	376	383	389	396	403	409	416	423	429	436	443	449	456	463	469	476	483	489	496	503	509	516	523	529	536	543	549	556	563	569	576	583	589	596</																																																														

$$t_{exec} = M^{\circ} \text{cicle} * t_{cicle}$$

$$CPI = \frac{M^{\circ} \text{cicle}}{M^{\circ} \text{inst.}}$$

$$S = \frac{t_{oa}}{t_{nove}}$$

Pau Bern Ribes

EC Examen de Problemes

Exercici 1 (Examen Final gener de 2013)

Un processador disposa de 4 tipus d'instruccions diferents: A, B, C i D. La següent taula mostra quin és el número d'instruccions executades per a un programa sota consideració i el CPI de cada tipus d'instrucció. El processador té un rellotge a 2GHz.

Tipus d'instrucció	CPI	#instruccions
A	1	$8 * 10^9$
B	2	$6 * 10^9$
C	1	$4 * 10^9$
D	3	$2 * 10^9$

Indica:

1. Calcula el CPI mitjà del programa sota consideració. $10^9 \cdot \frac{(1 \cdot 8 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2)}{(8 + 6 + 4 + 2)} = \frac{30}{20} = 1.5 \text{ CPI mitjà}$
2. Indica quin és el temps d'execució (en segons) del programa sota consideració. $\frac{10^9 \cdot (30)}{(2)} = 15 \text{ seg} = t_{exec}$
3. Indica quin seria el guany (speed-up) obtingut si s'aconsegüís reduir el CPI de les instruccions de tipus B a 1 cicle. $M^{\circ} \text{cicle} = (1 \cdot 8 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2) \cdot 10^9 = (24) \cdot 10^9 = M^{\circ} \text{cicle}$

$$t_{exec}' = \frac{(24) \cdot 10^9}{(2) \cdot 10^9} = 12; \quad S = \frac{15}{12} = 1.25 = \text{Speed-up}$$

Exercici 2 (Examen Parcial novembre de 2011)

Un processador disposa de 5 tipus d'instruccions diferents: Aritmètico-lògiques, Moviment de dades, Comparació, Memòria i Salt. La següent taula mostra quin és el percentatge d'instruccions executades de cada tipus en base a l'execució d'un conjunt representatiu de programes i el CPI de cada tipus d'instrucció:

Tipus d'instrucció	%	CPI
Aritmètico-lògiques	25%	2
Moviment de dades	20%	1
Comparació	15%	2
Memòria	25%	20
Salt	15%	4

El CPI en aquest cas ja està donant amb percentatge d'ocurrència, fent que la suma ja sigui el mitjà. Per que Atingui 25% girs que no es pot el que Atingui 125%

$$\frac{(0.25 \cdot 2 + 0.2 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.25 \cdot 20 + 0.15 \cdot 4)}{2 + 1 + 2 + 20 + 4} = \frac{6.6}{29} = 0.227$$

$$\frac{0.25 \cdot 2 + 0.2 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.25 \cdot 20 + 0.15 \cdot 4}{29} = \frac{6.6}{29} = 0.227$$

$$= 0.227$$

$$CPI_m = 6.6$$

1. Quin és el CPI mitjà d'aquest processador per l'esmentat conjunt de programes?
2. Es pot aconseguir un guany (speed-up) d'1.10 en el temps d'execució del conjunt representatiu de programes a partir de la millora de les instruccions aritmètico-lògiques? Raona la resposta. En cas afirmatiu, indica quin ha de ser el nou CPI d'aquest tipus d'instrucció.

$$1.1 = \frac{6.6}{x} \Rightarrow x = \frac{6.6}{1.1} = 6$$

Exercici 3 (Examen Parcial 2018-2019 Q2)

S'executa un programa de test en un ordinador que té 3 tipus d'instruccions (A,B,C), amb CPI diferents. La següent taula especifica el nombre d'instruccions de cada tipus que executa el programa i el seu CPI.

Tipus d'instrucció	Nombre d'instruccions	CPI
A	$8 * 10^9$	7
B	$6 * 10^9$	5
C	$4 * 10^9$	4

$$7 \cdot 8 + 6 \cdot 5 + 4 \cdot 4 = 56 + 30 + 16 = 86 + 14 = 102$$

Ens fixem que per el valor de CPI de A poden aconseguir-lo per amb les altres ja estan superant el 6.6.

$$t_{exec} = m^o \text{ cicls} \cdot t_{cic}^a$$

$$\frac{(102) \times 10^9}{1.5 \times 10^9} = \left[\begin{array}{c} 1020 \quad 15 \\ 90 \quad 68 \\ 0120 \\ 105 \\ \hline 9 \end{array} \right] = 68 = t_{exec}$$

- a) Sabem que la freqüència de rellotge és de 1,5GHz i que la potència dissipada és $P=100W$. Calcula el temps d'execució en segons i l'energia consumida en Joules durant l'execució del programa de test.

$$E = 100 \cdot 68 = \boxed{6800 J = E}$$

- b) Es vol modernitzar l'equipament comprant un nou ordinador amb una CPU amb ISA diferent. Aquesta nova CPU funciona amb el mateix voltatge però té més transistors, així que la seva capacítància agregada (C) és un 50% més gran i el factor d'activitat (α) un 20% superior. A més a més, els seu ISA té 4 tipus d'instruccions (A,B,C,D). Un cop recompilat el programa, el nombre d'instruccions de cada tipus que executa i el seu CPI són les indicades en la següent taula:

Tipus d'instrucció	Nombre d'instruccions	CPI
A	$5 \cdot 10^9$	2
B	$3 \cdot 10^9$	4
C	$2 \cdot 10^9$	5
D	$2 \cdot 10^9$	1

$$m^o \text{ cicls} = 5 \cdot 2 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 1$$

$$m^o \text{ cicls} = 10 + 12 + 10 + 2 = 34 \times 10^9$$

$$\frac{68}{34 \times 10^9} = 2 \quad \frac{68}{2} = \frac{34 \times 10^9}{f}$$

$$f = \frac{68}{2 \times 34} = 1 \times 10^9$$

Sabem que amb aquesta nova CPU obtenim un speedup de 2. A quina freqüència (en GHz) va la nova CPU? Quina potència dissipada en Watts consumeix l'execució del programa (podem suposar que la potència estàtica és zero tant en la CPU original com en la nova)?

$$P_{old} = 100 = C \cdot V^2 \cdot \alpha \cdot 1.5 \times 10^9 \Rightarrow C \cdot V^2 \cdot \alpha = \frac{100}{1.5 \times 10^9}$$

$$P_{new} = 1.5 C \cdot 1.2^2 \cdot V^2 \cdot 1 \times 10^9 \Rightarrow P_{new} = C \cdot \alpha \cdot V^2 = \frac{100}{1.5 \times 10^9} \Rightarrow P_{new} = \frac{100 \cdot 1.5 \cdot 1.2^2 \cdot 1 \times 10^9}{1.5 \times 10^9} = 120 W$$

Exercici 4 (problema 1.9 de la col·lecció)

La següent taula mostra la freqüència de rellotge (F), voltatge (V) i potència dinàmica (P) de dos processadors.

Processador	F	Voltatge (V)	Potència dinàmica (P)	Càrrega capacitiva (C)
A	10 MHz	5V	2W	0.008×10^{-6}
B	3GHz	1V	100W	0.33×10^{-7}

- Calcula la càrrega capacitiva dels processadors A i B. $P = C \cdot V^2 \cdot \alpha \cdot f$
- Quina seria la potència del processador A si, sense canviar-ne el voltatge ni la capacítància, volguéssim aconseguir la mateixa freqüència de rellotge que el processador B?

$$2 = C \cdot 5^2 \cdot 10 \times 10^6 \Rightarrow \frac{2}{25 \cdot 10 \times 10^6} = C \Rightarrow \frac{2}{250 \times 10^6} = C = \frac{4}{25 \times 10^7} = C = 2 \cdot 25 \times 10^{-7} = 5 \times 10^{-7}$$

$$\Rightarrow C = \left(\frac{2}{250} \right) \times 10^{-6} = \boxed{0.008 \times 10^{-6} = C_A}$$

$$100 = C \cdot 1^2 \cdot 3 \times 10^9 \Rightarrow \frac{100}{3 \times 10^9} = C \Rightarrow \frac{1 \times 10^2}{3 \times 10^9} = \left(\frac{1}{3} \right) \times 10^{2-9} = \frac{1}{3} \times 10^{-7} \Rightarrow \boxed{0.33 \times 10^{-7} = C_B}$$

$$P_n = 0.008 \times 10^{-6} \cdot 5^2 \cdot 3 \times 10^9 \Rightarrow P_n = 25 \cdot (0.008 \cdot 3) \times 10^{-6+9} = 25 \cdot (0.024) \times 10^3 = 25 \cdot 24 = \boxed{600 W = P_n}$$