

Producers Consumers Pthreads Implementation in C

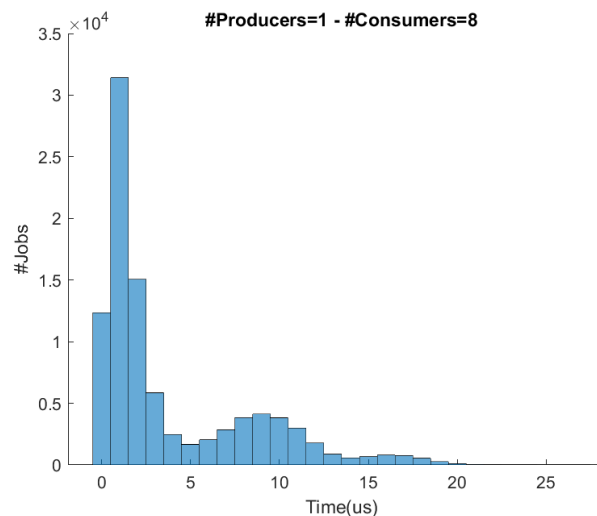
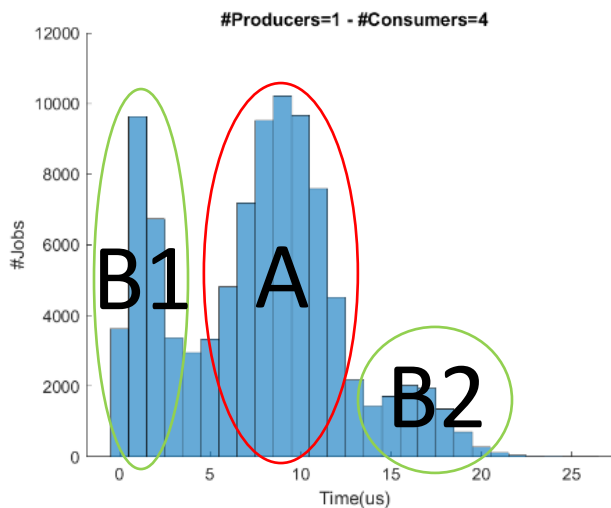
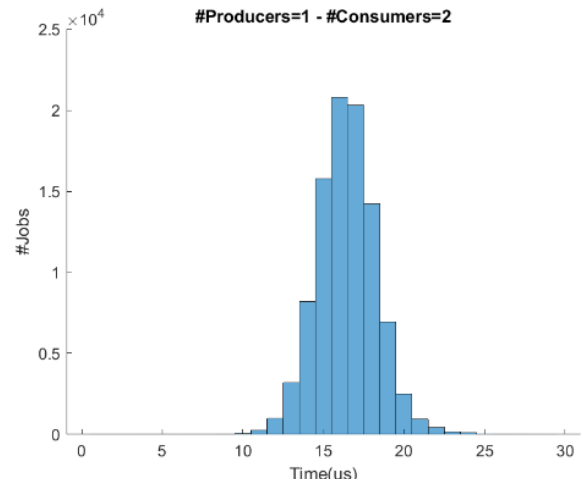
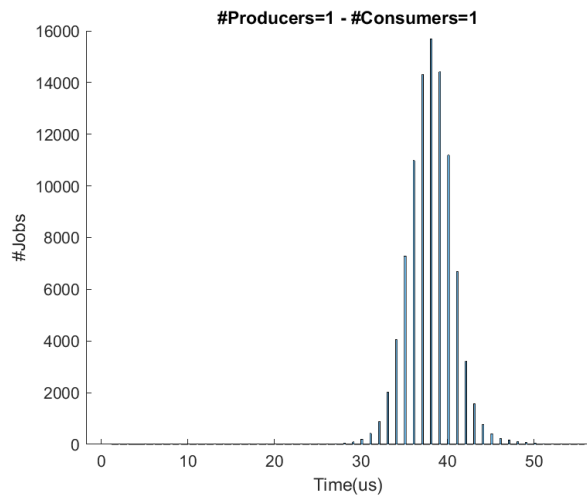
Github Link: https://github.com/LambisElef/prod_cons

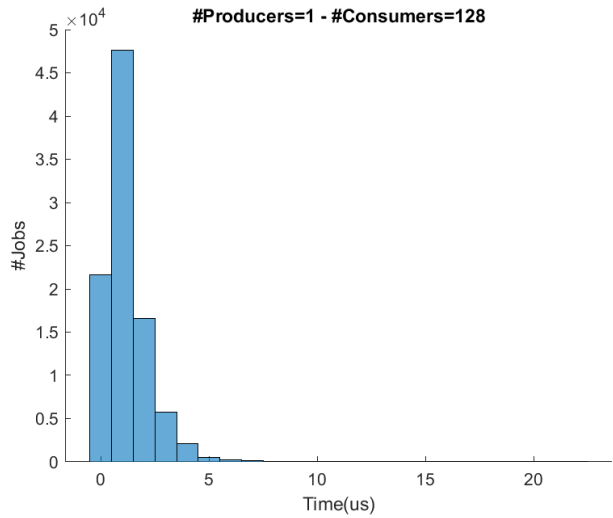
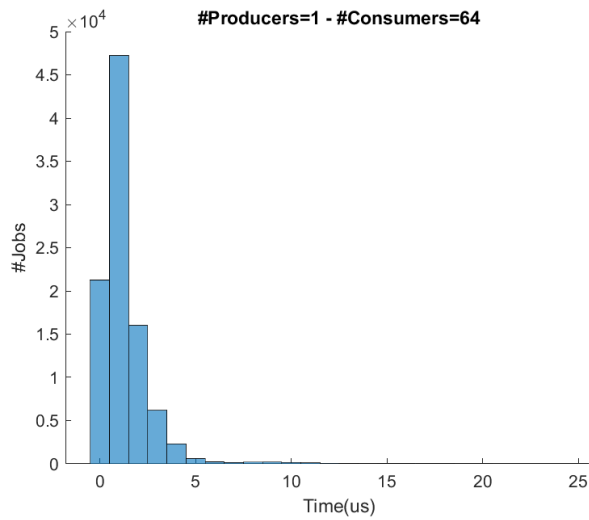
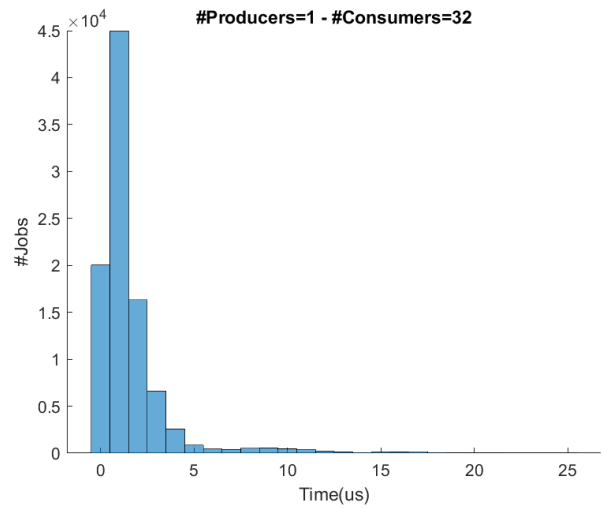
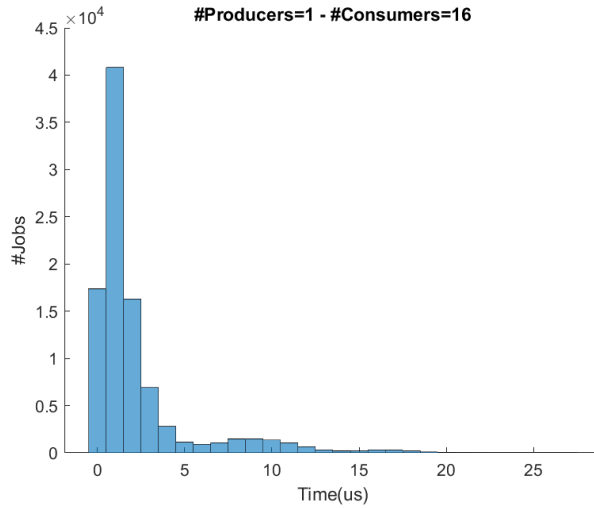
Ανάλυση Κώδικα:

Τα στοιχεία της ουράς πλέον είναι τύπου `workFunction` στον οποίο προστέθηκε και ένας όρος `timeval` όπου αποθηκεύεται η χρονική στιγμή πριν την ένταξη ενός στοιχείου στην ουρά. Οι καταναλωτές σταματούν όταν η παραγωγή έχει τελειώσει, καθώς γνωρίζουν εκ των προτέρων το μέγεθος της παραγωγής και μετρούν μέχρι το τέλος της. Η δουλειά του κάθε καταναλωτή ήταν να υπολογίσει το **άθροισμα των ημιτόνων** των ορισμάτων που του δίνονταν. Υπάρχουν αναλυτικά σχόλια μέσα στον κώδικα για επεξήγηση της λειτουργίας του γραμμή προς γραμμή.

Αποτελέσματα:

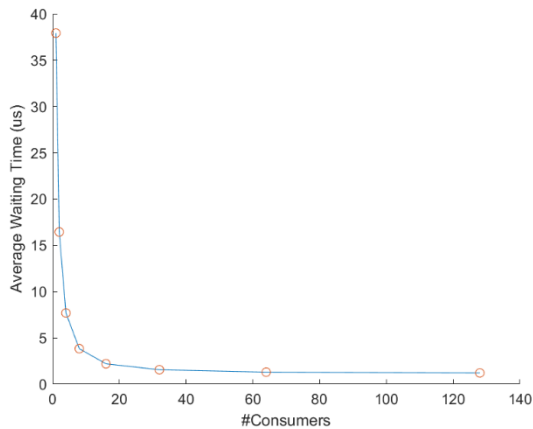
Ο κώδικας έτρεξε σε σύστημα με Ryzen 5 1600 @3.7GHz (6c/12t) σε Ubuntu 19.10. Έτρεξα το πείραμα με διάφορα μεγέθη και επέλεξα να παρουσιάσω αυτό ως το πιο πλήρες. Ο αριθμός των ορισμάτων της δουλειάς ήταν μεταβλητός **μεταξύ 100 και 200** από ομοιόμορφη κατανομή. Ο αριθμός των παραγωγών ήταν σταθερός 1 και το μέγεθος της ουράς επίσης σταθερό 10. Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα κατανομής του χρόνου αναμονής των στοιχείων εντός της ουράς για διάφορους αριθμούς καταναλωτών.





Αξίζει να αναφερθεί ότι για κάθε διάγραμμα έγιναν 100.000 μετρήσεις, από τις οποίες έχουν αφαιρεθεί οι χρονικά πρώτες 4800 και οι τελευταίες 200 λόγω μεταβατικών φαινομένων τα οποία επηρέαζαν σημαντικά τα στατιστικά.

Στατιστικά του χρόνου αναμονής των στοιχείων εντός της ουράς:



Cons	Standard				
#	Mean	Deviation	Median	Min	Max
1	37.927	2.728	38	1	56
2	16.442	1.860	16	1	29
4	7.691	4.691	8	0	26
8	3.836	4.375	2	0	27
16	2.201	3.035	1	0	27
32	1.559	2.054	1	0	25
64	1.299	1.456	1	0	25
128	1.216	1.174	1	0	22

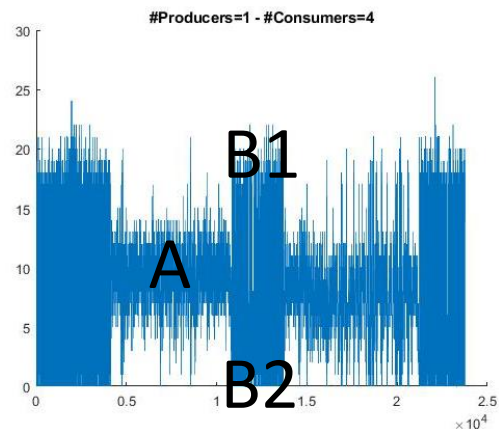
Ο μέσος χρόνος αναμονής των στοιχείων εντός της ουράς ελαχιστοποιείται στα 128 νήματα καταναλωτών, ωστόσο φτάνει πολύ κοντά στην ελάχιστη τιμή από τα 16 νήματα όπως φαίνεται και από το παραπάνω γράφημα. Σε άλλες δοκιμές παρουσιάστηκε **τοπικό ελάχιστο στα 11 νήματα** καταναλωτών, ωστόσο επόμενες μετρήσεις στα 256 νήματα ήταν **ελάχιστα** μικρότερες από όλες.

Παρατηρήσεις:

Επειδή η ουρά είχε πεπερασμένο μέγεθος και οι παραγωγοί σταματούν όταν η ουρά γεμίζει, το σύστημα λειτουργεί πάντα ευσταθώς μεταξύ δύο καταστάσεων. Στην **A κατάσταση** η οποία παρατηρείται καθαρά στα διαγράμματα με αριθμό καταναλωτών 1 και 2, η ουρά είναι σχεδόν πάντα γεμάτη με την κατανομή του ενός καταναλωτή να συγκεντρώνεται γύρω από την τιμή 38us, ενώ των δύο καταναλωτών γύρω από τα 16.5us με σχετικά μικρή διασπορά που οφείλεται σε στιγμιαία μείωση του χρόνου αναμονής των στοιχείων εντός της ουράς και κατόπιν στιγμιαία αύξησή του.

Η ίδια αυτή A κατάσταση με την διαφορά ότι η ουρά μπορεί να μην είναι γεμάτη, αλλά σίγουρα έχει πάντα διαθέσιμα στοιχεία, παρατηρείται στο διάγραμμα με αριθμό καταναλωτών 4 σημειωμένη με κόκκινο χρώμα. Σε αυτό το διάγραμμα, όμως, παρατηρούμε και άλλες δύο συγκεντρώσεις των τιμών, γύρω από τις τιμές 1us και 16.5us αντίστοιχα σημειωμένες με **πράσινο** χρώμα. Αυτή είναι η **B κατάσταση** του συστήματος, η οποία εξηγείται ως εξής. Ο παραγωγός βάζει περιοδικά στοιχεία μέσα στην ουρά και οι καταναλωτές τα αφαιρούν αμέσως. Ο χρόνος αναμονής των παραπάνω στοιχείων συγκεντρώνεται γύρω από το 1us και αυτή είναι η **υποκατάσταση B1**. Κατόπιν, όμως, οι καταναλωτές πρέπει να δουλέψουν. Μέχρι να τελειώσουν τη δουλειά τους, ο παραγωγός έχει προλάβει να προσθέσει νέα στοιχεία στην ουρά, τα οποία περιμένουν τους καταναλωτές να τελειώσουν τη δουλειά τους για να τα αφαιρέσουν. Ο χρόνος αναμονής αυτών των στοιχείων συγκεντρώνεται γύρω από τα 16.5us και αυτή είναι η **υποκατάσταση B2**.

Παρατηρώντας τις τιμές της κατανομής ζωγραφισμένες πλέον στο χρόνο ως χρονοσειρά είναι ευδιάκριτος ο **διαχωρισμός μεταξύ των A και B καταστάσεων**. Όσο ο αριθμός των καταναλωτών μεγαλώνει, η συχνότητα εμφάνισης της A κατάστασης μικραίνει. Επίσης, είναι ευδιάκριτη η **εναλλαγή μεταξύ των B1 και B2 υποκαταστάσεων** κατά τη διάρκεια της B κατάστασης, η οποία είναι αρκετά συχνή για αριθμό καταναλωτών 4, αλλά σπανίζει ολοένα και περισσότερο όσο ο αριθμός των καταναλωτών μεγαλώνει.



Ακόμη, θα ήθελα να επισημάνω ότι οι παραπάνω καταστάσεις δεν είναι πάντα ευδιάκριτες ή και παρούσες. Αυτό εξαρτάται από το φόρτο εργασίας του παραγωγού και των καταναλωτών. Υπάρχει, δηλαδή, περίπτωση για μικρότερο φόρτο εργασίας στους καταναλωτές να μην παρατηρηθεί ποτέ η B2 υποκατάσταση. Βέβαια, ισχύει και πάλι ο κανόνας ότι όσο αυξάνονται τα νήματα των καταναλωτών, τόσο μειώνεται και η συχνότητα εμφάνισης της A κατάστασης. Η κατανομή τείνει να γίνει εκθετική.

Τέλος, φυσικά έπαιξα και με το μήκος της ουράς. Στην περίπτωση που οι καταναλωτές δεν προλάβουν να αδειάσουν την ουρά, όσο μεγαλύτερο ήταν το μήκος της ουράς, τόσο μεγαλύτερη ήταν η καθυστέρηση εντός της ουράς.